

RAPPORT

aanvraag omgevingsvergunning – Feyenoord City stadion

Uitgangspuntenrapport Constructies DO

Klant: Nieuw Stadion B.V.

Referentie: I&BBF3499 R021 F1.0

Status: 1.0/Definitief

Datum: 6 mei 2020



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

George Hintzenweg 85
3068 AX ROTTERDAM
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 90 00 **T**
+31 10 209 44 26 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: aanvraag omgevingsvergunning – Feyenoord City stadion

Ondertitel: *UPR Constructies DO*
Referentie: I&BBF3499 R021 F1.0
Status: 1.0/Definitief
Datum: 6 mei 2020
Projectnaam: Feyenoord City
Projectnummer: BF3499
Auteur(s): ir. [REDACTED] en ir. [REDACTED]

Opgesteld door: ir. [REDACTED] en ir. [REDACTED]

Gecontroleerd door: ir. [REDACTED]

Datum/paraaf: 6-5-2020

Goedgekeurd door: ir. [REDACTED]

Datum/paraaf: 6-5-2020

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

Niets uit deze specificaties/drukwerk mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van HaskoningDHV Nederland B.V.; noch mogen zij zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor andere doeleinden dan waarvoor zij zijn vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor deze specificaties/drukwerk ten opzichte van anderen dan de personen door wie zij in opdracht is gegeven en zoals deze zijn vastgesteld in het kader van deze Opdracht. Het geïntegreerde QHSE-managementsysteem van HaskoningDHV Nederland B.V. is gecertificeerd volgens ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 en ISO 45001:2018.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Projectbeschrijving	1
1.2	Leeswijzer	2
2	Referenties	3
2.1	Toets aan Programma van Eisen	3
2.2	Voorschriften en literatuur	4
3	Constructieprincipe en constructiegedrag	6
3.1	Algemeen	6
3.2	Verticale belastingafdracht	8
3.3	Stabiliteit	12
3.4	Vervormingen	13
3.4.1	Vervormingsgedrag gebouw	13
3.4.2	Vervormingen in de ondergrond	13
3.5	Dilataties en/of tijdelijke voegen	13
3.6	Fundering en bouwput	14
3.7	Robuustheid constructie	15
3.8	Relatie met andere disciplines	15
3.8.1	Installaties	15
4	Algemene uitgangspunten	16
4.1	Project specifieke eisen	16
4.1.1	Eisen flexibiliteit	16
4.1.2	Eisen beperking van hinder naar de omgeving	16
4.1.3	Eisen bouwwijze en –fasering	17
4.1.4	Eisen duurzaamheid en milieu	17
4.1.5	Uitbreidbaarheid	18
4.2	Conditie projectlocatie	19
4.2.1	Bodem en ondergrond	19
4.2.2	Belendingen	20
4.2.3	Ondergrondse infrastructuur	20
5	Constructieve uitgangspunten	21
5.1	Veiligheid en betrouwbaarheid	21
5.1.1	Gevolgklasse en ontwerplevensduur	21
5.1.2	Belastingfactoren	22
5.1.3	ψ -factoren	23
5.2	Materialen	23

5.2.1	Materiaalspecificaties	23
5.2.2	Verlijmen van bevestigingen	24
5.3	Eisen m.b.t. bruikbaarheidsgrenstoestanen	24
5.3.1	Vervormingen	24
5.3.2	Trillingen	25
5.3.3	Zwerfstroom	25
5.4	Eisen m.b.t. tot brandwerendheid	26
5.4.1	Sterkte bij brand	26
5.5	Eisen m.b.t. waterdichtheid	27
5.6	Eisen m.b.t. robuustheid	27
5.6.1	Differentiatie van ontwerp en berekeningssupervisie	28
5.6.2	Inspectie tijdens de uitvoering	28
6	Belastingen	29
6.1	Blijvende belastingen	29
6.1.1	Volumieke gewichten	29
6.1.2	Secundair staal dakvlak	29
6.1.3	Dakbekleding	29
6.1.4	Verduistering	30
6.1.5	Belastingen door installaties	30
6.1.6	Rustende belasting vloeren	32
6.2	Veranderlijke belastingen	34
6.2.1	Belastingen door personen, meubilair en opslag	34
6.2.2	Horizontale belastingen door personen	35
6.2.3	Onderhoudsbelasting dakvlak	35
6.2.4	Evenementenbelastingen dakvlak	35
6.2.5	Evenementenbelastingen veld	37
6.2.6	Belastingen voor garages en voertuigverkeersruimten	37
6.2.7	Belastingen door regenwater	39
6.2.8	Belastingen door sneeuw	40
6.2.9	Belastingen door wind	41
6.2.10	Belastingen door temperatuurverschillen	42
6.3	Bijzondere belastingen	42
6.3.1	Belastingen door brand	42
6.3.2	Belastingen door aanrijding met voertuigen	42
6.3.3	Belastingen door ontsporen van spoorwegverkeer	43
6.3.4	Belastingen veroorzaakt door scheepvaartverkeer	43
6.3.5	Belastingen door explosies	43
6.3.6	Belasting op primaire waterkering bij extreem hoog water	44
6.3.7	Belastingen op fundering ten gevolge van incident transportleiding Evides	44
7	Uitgangspunten sparingen en leidingen	45
7.1	Deursparingen	45
7.2	Uittrede leidingschachten	46

8 Aandachtspunten volgende fase

47

Bijlagen

A1 Memo interpretatie windbelastingen

Begin februari 2019 is het projectteam van RHDHV gestart met haar werkzaamheden om te komen tot een Definitief Ontwerp (DO) voor het nieuwe stadion van Feyenoord, onderdeel van het Masterplan Feyenoord City. De basis van het DO is het Voorlopig Ontwerp (VO) en daarbij behorend een uitgangspuntenlijst voor wijzingen ten behoeve van verbeteringen en optimalisaties.

1.1 Projectbeschrijving

1. Het nieuwe stadion voor Feyenoord;
2. De herontwikkeling van De Kuip;
3. Het overige programma van Feyenoord City.



6 mei 2020

1.2 Leeswijzer

Naast dit uitgangspuntenrapport is er een apart document opgesteld met uitgangspunten ten aanzien van robuust ontwerpen en tweede draagweg.

De functie van dit rapport is vierledig:

- Het uitgangspuntenrapport vormt het vertrekpunt voor alle door Royal HaskoningDHV vervaardigde / te vervaardigen constructieve berekeningen.
- Het rapport geeft opdrachtgever, ontwerpteamleden en gemeentelijke instanties inzicht in het constructief ontwerp, als toelichting op de constructieve tekeningen c.q. modellen.
- In het uitgangspuntenrapport worden afspraken vastgelegd die in de voorafgaande fase(s) met de opdrachtgever en in het ontwerpteam gemaakt zijn.
- In het uitgangspuntenrapport worden aandachtspunten en te onderzoeken aspecten voor de volgende fase(s) vastgelegd.

De indeling van het rapport is als volgt:

- In hoofdstuk 2 Referenties wordt aangegeven welke gegevens van derden, documenten en voorschriften/literatuur uitgangspunt geweest zijn voor het ontwerp en uitgangspunt zijn voor de te vervaardigen berekeningen.
- In hoofdstuk 3 Constructieprincipe en constructiegedrag wordt een toelichting gegeven op het constructieprincipe en het bijbehorende gedrag.
- In hoofdstuk 4 Algemene uitgangspunten worden algemene uitgangspunten beschreven t.b.v. te vervaardigen berekeningen.
- In hoofdstuk 5 Constructieve uitgangspunten worden algemene constructieve uitgangspunten beschreven t.b.v. te vervaardigen berekeningen.
- In hoofdstuk 6 Belastingen wordt een overzicht gegeven van in rekening te brengen belastingen.
- In hoofdstuk 7 Uitgangspunten sparingen en leidingen worden uitgangspunten t.a.v. het maken van sparingen en doorvoeren van leidingen door constructie-onderdelen beschreven.
- Hoofdstuk 8 bevat aanbevelingen voor de volgende fase(n) in het project (Technisch Ontwerp / Uitvoeringsgereed Ontwerp).

Dit uitgangspuntenrapport moet beschouwd worden als een groeidocument, waaraan onderdelen kunnen worden toegevoegd of aangepast, al naar gelang de ontwikkeling van het ontwerp vordert.

2 Referenties

Het Definitief Ontwerp is mede gebaseerd op een groot aantal externe documenten waarbij 'extern' moet worden gelezen als zijnde niet door RHDHV-Constructies uitgewerkt. Door het Projectbureau is een uitgebreid systeem voor Document Control opgezet, weergegeven op het platform Sharepoint, zoals ook aangegeven in rapport I&B BF3499_R020 "Structural Narrative". Onderstaand worden een aantal belangrijke externe documenten vermeld:

- [1] Feyenoord City Concept Masterplan van OMA
- [2] Concept Design Submission van OMA d.d. 16-03-2018
- [3] New Stadium Concept Report van OMA d.d. 09-04-2018
- [4] 100% Schematic Design Report van OMA d.d. 29-06-2018
- [5] 100% Concept Design Development van OMA d.d. 26-07-2019
- [6] Design Development van OMA d.d. 13-09-2019
- [7] Aanvraag omgevingsvergunning – Feyenoord City stadion van OMA d.d. 06-05-2020
- [8] Windtunnelonderzoek RWDI (cladding & structure) d.d. 16 & 19-09-2019
- [9] Rapporten aandrijving schuifdak (Maffei) d.d. 09-09-2019

2.1 Toets aan Programma van Eisen

Alle eisen met betrekking tot het nieuwe stadion zijn opgenomen in de web based applicatie Relatics. Een aantal van de belangrijkste eisen zijn hieronder overgenomen waarbij aangegeven is hoe deze eis is ingevuld of hoe en waarom van deze eis is afgeweken:

Technische levensduur	Het stadion moet een technische levensduur hebben van minimaal 50 jaar
Voor de constructie wordt uitgegaan van een ontwerplevensduur 50 jaar conform NEN-EN 1990 voor gebouwen en andere gewone constructies (geen monumentaal gebouw, brug of ander civieltechnisch werk).	
Lichtdoorlatendheid van het dak	Het dak dient daglicht door te kunnen laten.
Voor de dakafwerking wordt uitgegaan van een transparante polycarbonaat beplating.	
Flexibiliteit van het dak	Met het flexibele deel van het dak dient het volledige dak dicht te kunnen worden gemaakt.
Het deel van het dak boven het veld met een afmeting van 72 x 109 meter is volledig open en kan door middel van een schuifdak volledig dicht gemaakt worden.	
Veiligheidsklasse constructie	De constructie van het stadion volgens de Euronormen veiligheidsklasse CC3
Voor de constructie wordt uitgegaan van gevolgklasse CC3 conform NEN-EN 1990 voor bouwwerk waarbij in geval van bezwijken meer dan 500 personen gevaar lopen.	
Tweede draagweg constructie	Het constructief ontwerp van het stadion dient te voorzien in een tweede draagweg
Zie rapport I&B BF3499 R027 "Robuust ontwerpen en tweede draagweg".	
Berijdbaarheid Concourse	De Concourse dient geschikt te zijn voor het rondrijden van hulpdienst voertuigen
Voor de concourse wordt uitgegaan van verkeersklasse G met een aslast van 40 kN (4 ton).	

Flexibiliteit in capaciteit	Het stadion ontwerp dient in voldoende flexibiliteit te voorzien om in de toekomst ofwel in te krimpen of uit te breiden
-----------------------------	--

- Met flexibiliteit in de zin van het vergroten of verkleinen van het stadion is op dit moment in het ontwerp niet specifiek rekening gehouden.

Vorbereidingen voor rooftop units	Het ontwerp van de stadion constructie dient te voorzien in een toekomstige uitbreiding van het business (unit) aanbod met rooftop units
-----------------------------------	--

- Voor de uitbreiding van het business(unit) aanbod met rooftop units wordt er in het ontwerp van het dak op laag L07 gerekend met een variabele belasting van 600 kg/m².

2.2 Voorschriften en literatuur

Van toepassing voor dit project zijn Bouwbesluit 2012 en de vigerende versies van onderstaande voorschriften, tenzij anders vermeld.

NEN-EN 1990/+NB	Grondslagen van het constructief ontwerpen
NEN-EN 1991-1-1/+NB	Dichtheden, eigen gewicht, opgelegde belastingen
NEN-EN 1991-1-2/+NB	Belastingen bij brand
NEN-EN 1991-1-3/+NB	Sneeuwbelasting
NEN-EN 1991-1-4/+NB	Windbelasting
NEN-EN 1991-1-5/+NB	Thermische belasting
NEN-EN 1991-1-6	Belasting tijdens uitvoering
NEN-EN 1991-1-7/+NB	Buitengewone belastingen (botsing, explosie)
NEN-EN 1992-1-1/+NB	Betonconstructies: algemene regels
NEN-EN 1992-1-2/+NB	Betonconstructies: ontwerp en berekening van constructies bij brand
NEN-EN 206-1	Beton: specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit
NEN-EN 13670	Het vervaardigen van betonconstructies
NEN 6008	Betonstaal
NEN 6722	Voorschriften beton; Uitvoering
NEN 8005	Nederlandse invulling van NEN-EN 206-1
NEN-EN 1993-1-1/+NB	Staalconstructies: algemene regels
NEN-EN 1993-1-2/+NB	Staalconstructies: ontwerp en berekening van constructies bij brand
NEN-EN 1993-1-3/+NB	Staalconstructies: aanvullende regels voor koudgevormde dunwandige profielen en platen
NEN-EN 1993-1-4/+NB	Staalconstructies: aanvullende regels voor roestvaste staalsoorten
NEN-EN 1993-1-5/+NB	Staalconstructies: constructieve plaatvelden
NEN-EN 1993-1-6/+NB	Staalconstructies: sterkte en stabiliteit van schaalconstructies
NEN-EN 1993-1-7/+NB	Staalconstructies: sterkte en stabiliteit haaks op het vlak belaste platen
NEN-EN 1993-1-8/+NB	Staalconstructies: ontwerp en berekening van verbindingen
NEN-EN 1993-1-9/+NB	Staalconstructies: vermoeiing
NEN-EN 1993-1-10/+NB	Staalconstructies: materiaalbaarheid en eigenschappen in de dikterichting
NEN-EN 1993-1-11/+NB	Staalconstructies: ontwerp en berekening van op trek belaste componenten
NEN-EN 1993-1-12/+NB	Staalconstructies: aanvullende regels voor staalsoorten tot en met S700
NEN-EN 1993-2/+NB	Staalconstructies: bruggen

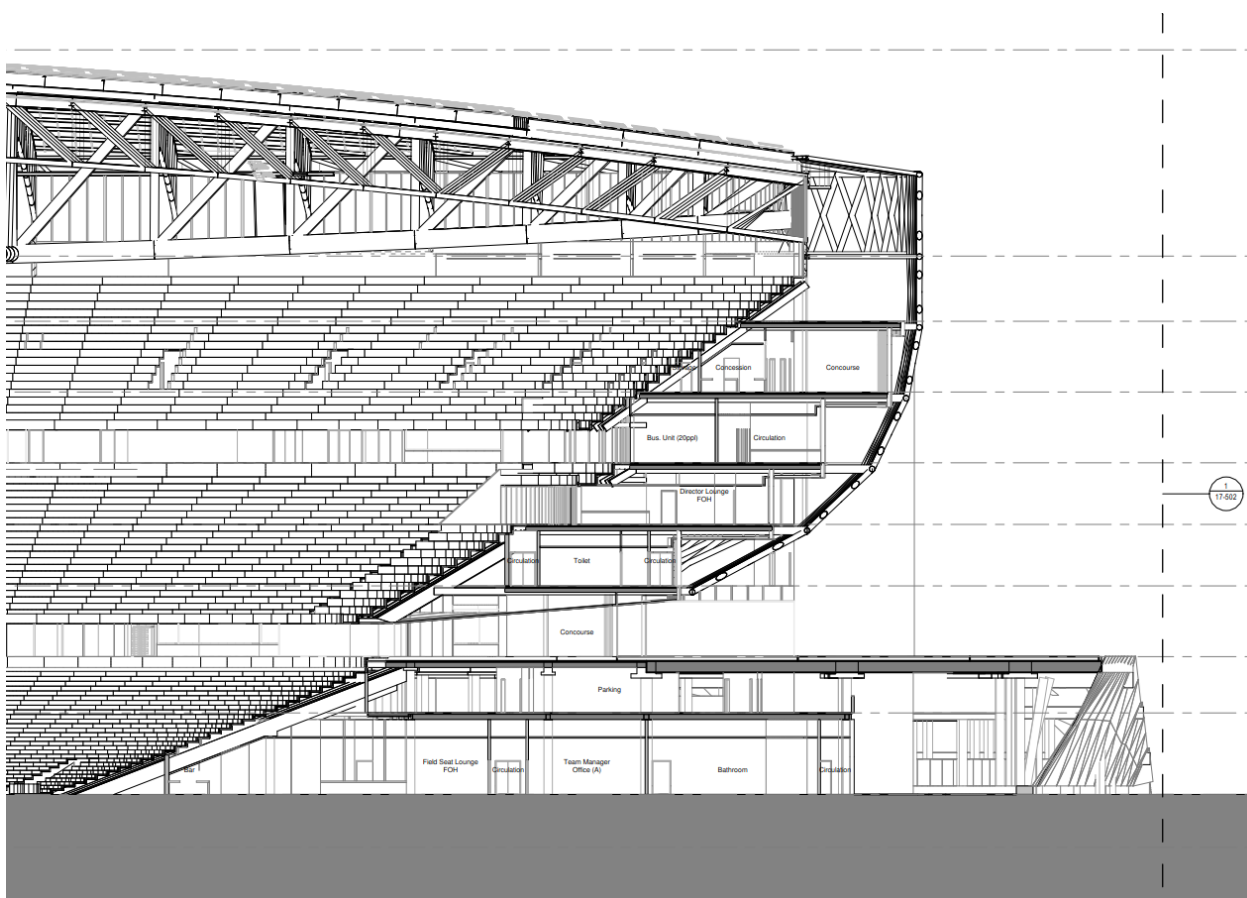
NEN-EN 1993-3-1/+NB	Staalconstructies: torens en masten
NEN-EN 1993-5/+NB	Staalconstructies: palen en damwanden
NEN 6771	Staalconstructies – stabiliteit
CEN/TS 1992-4-2	Ontwerp en berekening van bevestigingsmiddelen voor gebruik in beton – deel 4-2: ankerbouten
NEN-EN 1090-2	Het vervaardigen van staalconstructies deel 2 – technische eisen voor staalconstructies
NEN-EN 1997-1/+NB	geotechnisch ontwerp: algemene regels
NEN-EN 1997-2	geotechnisch ontwerp: grondonderzoek en beproeving
NEN 9997-1	geotechnisch ontwerpen van constructies (samenstelling NEN-EN 1997-1/+NB en NEN 9097-1)
OVS00030-2-V004	Prorail Ontwerpvoorschrift ‘over en naast spoor’

3 Constructieprincipe en constructiegedrag

In paragraaf 3.1 wordt in hoofdlijnen het constructieve ontwerp geschetst. In de daaropvolgende paragrafen wordt dieper op specifieke onderdelen en aspecten van de constructie ingegaan.

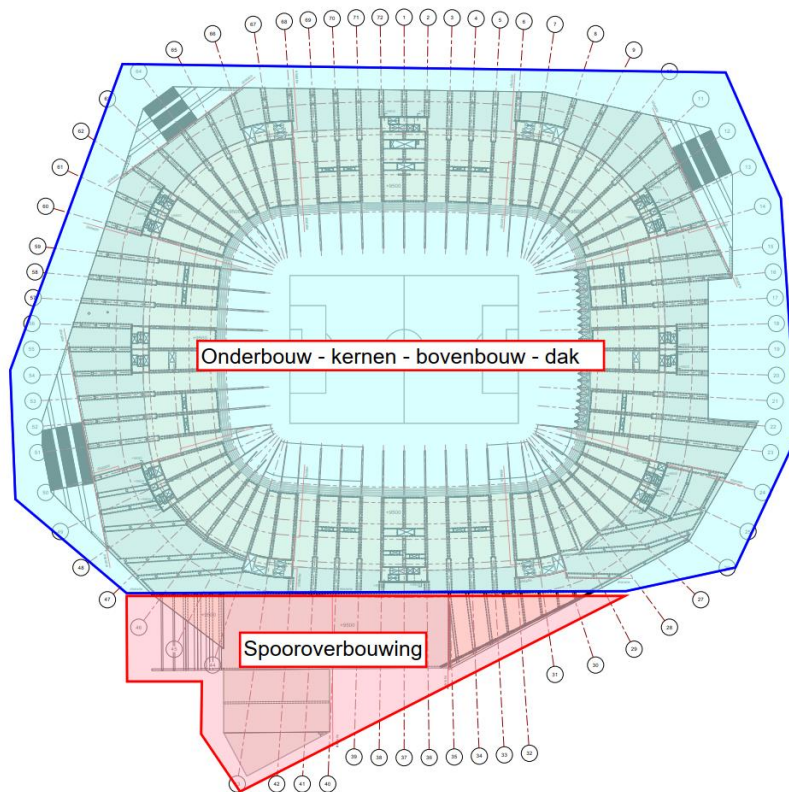
3.1 Algemeen

Het ontwerp is verdeeld over level L00 (maaiveld) tot en met level L08 volgens onderstaande afbeelding. De buitenste contouren van het stadion zijn gebaseerd op een 'schaal' (terminologie OMA: 'bowl') welke start vanaf level 03 loopt tot level 08. Hier bevinden zich aan de veldzijde de tribune-rijen 2 en 3 met hierachter de verschillende verdiepingvloeren met onder andere de business units en verschillende facilitaire voorzieningen. Level 02 vormt het verhoogde maaiveld met hieronder op level 01 parkeerruimte.

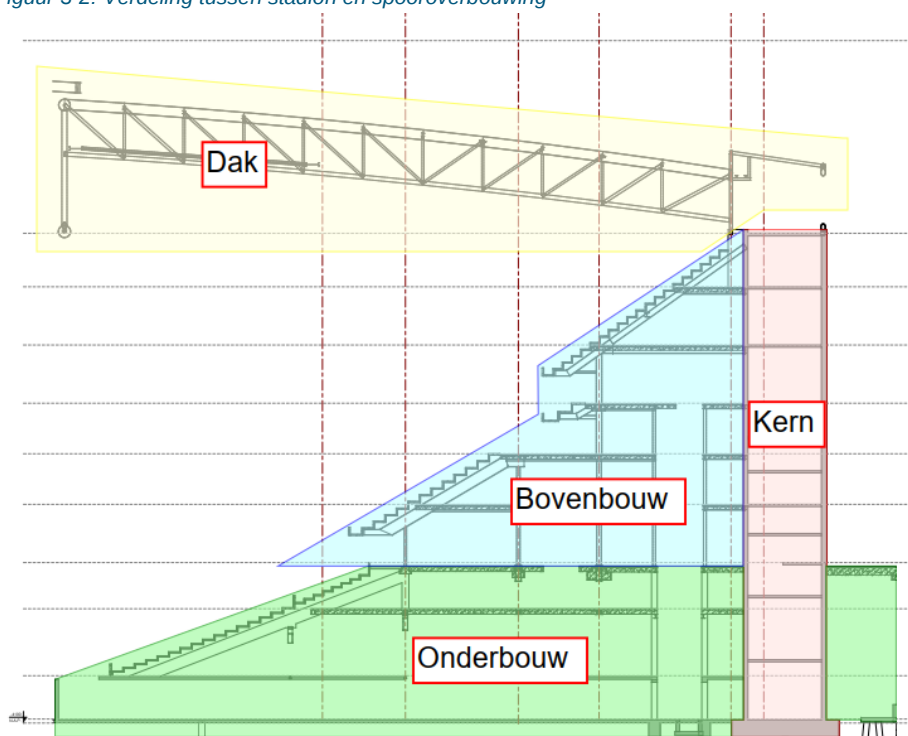


Figuur 3-1: Principe-doorsnede met opbouw van het stadion

In onderstaande afbeeldingen is de verdeling tussen de verschillende onderdelen weergegeven op plattegrond en in de doorsnede.



Figuur 3-2: Verdeling tussen stadion en spooroverbouwing



Figuur 3-3: Verticale doorsnede met de verschillende hoofdonderdelen

3.2 Verticale belastingafdracht

Onderbouw (L00 t/m L02)

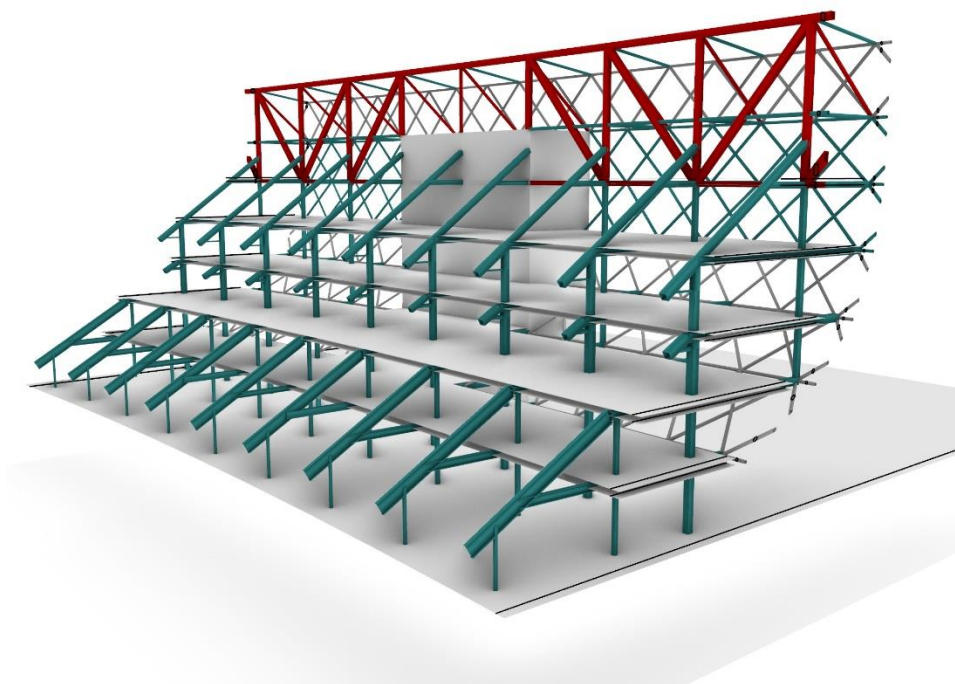
Voor het ontwerp van de constructie wordt een radiaalvormig grid toegepast bestaande uit 72 stramienen. Het verhoogde maaiveld van level 02 (concourse) wordt gevormd door een combinatie van kanaalplaatvloer, TT-liggers en volstortliggers (SJP) opgelegd op prefab balken welke ondersteund worden door prefab kolommen.

Voor de constructievloer van level 01 wordt een kanaalplaatvloer met druklaag in combinatie met prefab balken toegepast. Deze liggers worden ondersteund door prefab kolommen.

Bovenbouw (L02 t/m L08)

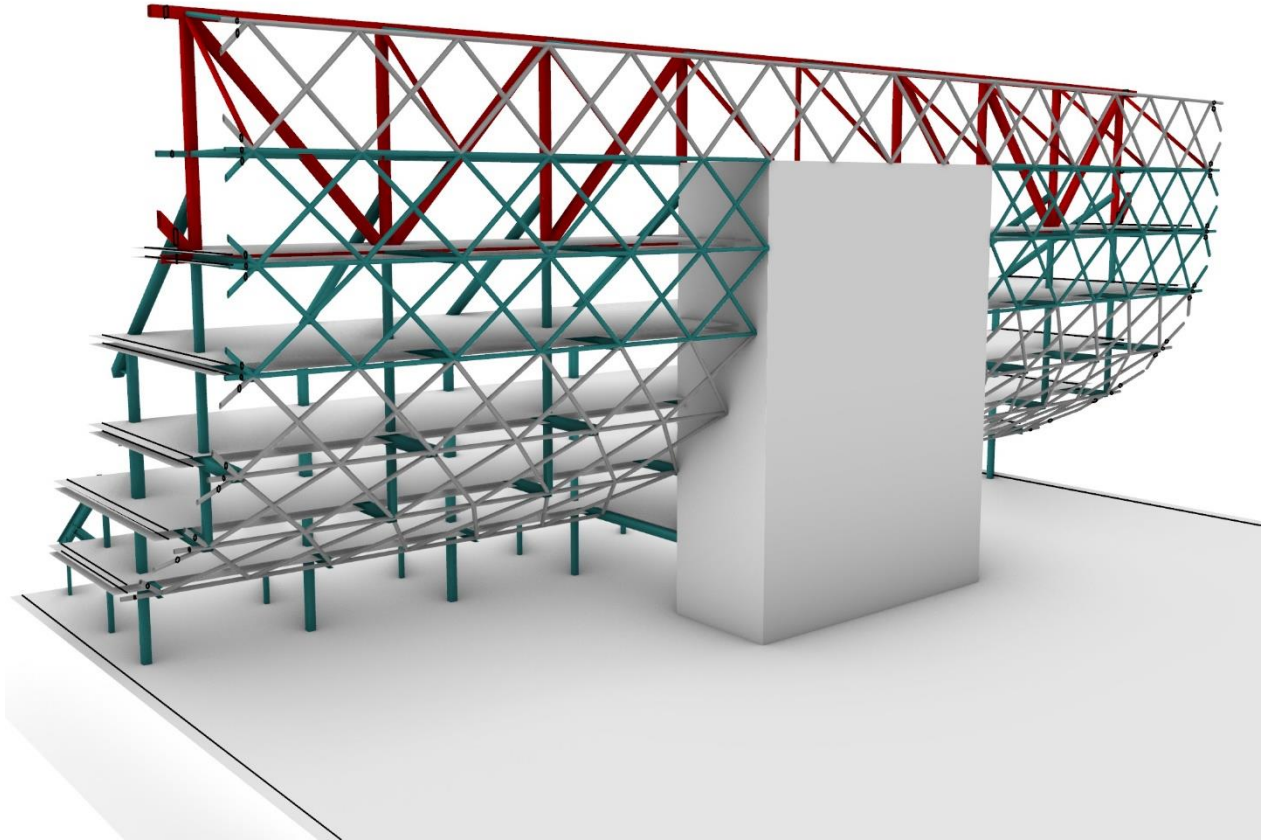
Vanaf level 03 wordt overgegaan op een deels staal en deels prefab betonconstructie voor kolommen, balken en diagonalen. De verdiepingsvloeren van level 03 tot en met L07 worden opgebouwd door middel van kanaalplaten met druklaag van 70mm. De tribune-elementen zijn L-vormige (enkel of dubbel) prefab elementen die direct op het staal opgelegd worden.

Tussen L07 en het dak wordt een vakwerk gecreëerd dat spant tussen de voorwanden van de kernen. Dit vakwerk draagt middels een hangkolom vloeren L04 t/m L07 (zie Figuur 3-4).



Figuur 3-4 Vakwerk tussen kernen t.b.v. ophangen vloer L04 t/m L07

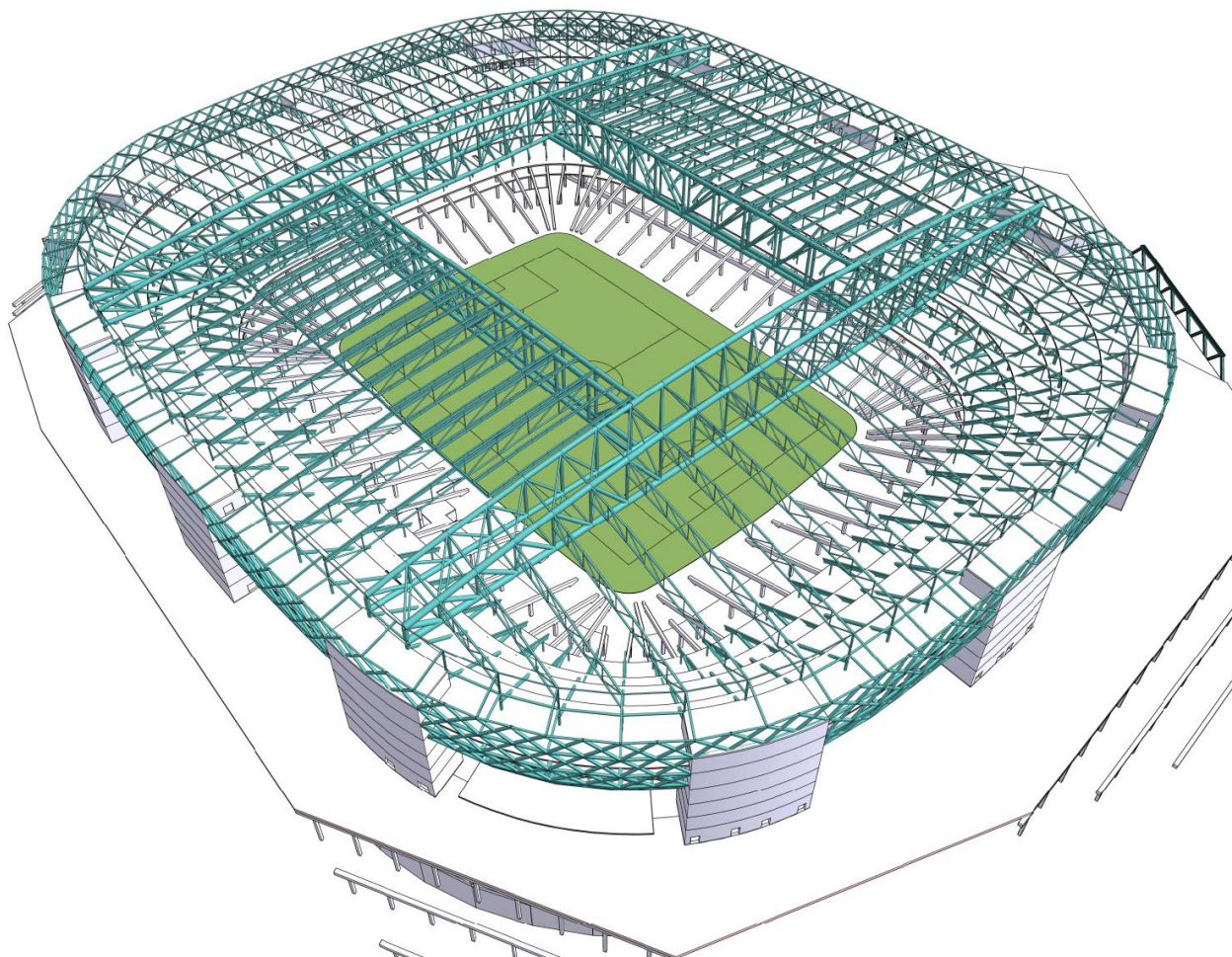
Ter plaatse van de gevel wordt een zogeheten 'diagrid' oftewel diagonaalvormige vakwerkconstructie toegepast welke de belasting afdraagt naar de in het werk gestorte kernen. Dit diagrid heeft een constructieve functie tussen L06 en L08 voor het dragen van de vloerconstructie op L06 en L07. Over de overige lagen wordt het diagrid slechts esthetisch doorgezet (zie Figuur 3-5).



Figuur 3-5: Diagrid in de gevel ten behoeve van dragen vloeren L06 en L07 (cyaan) en esthetisch (grijs).

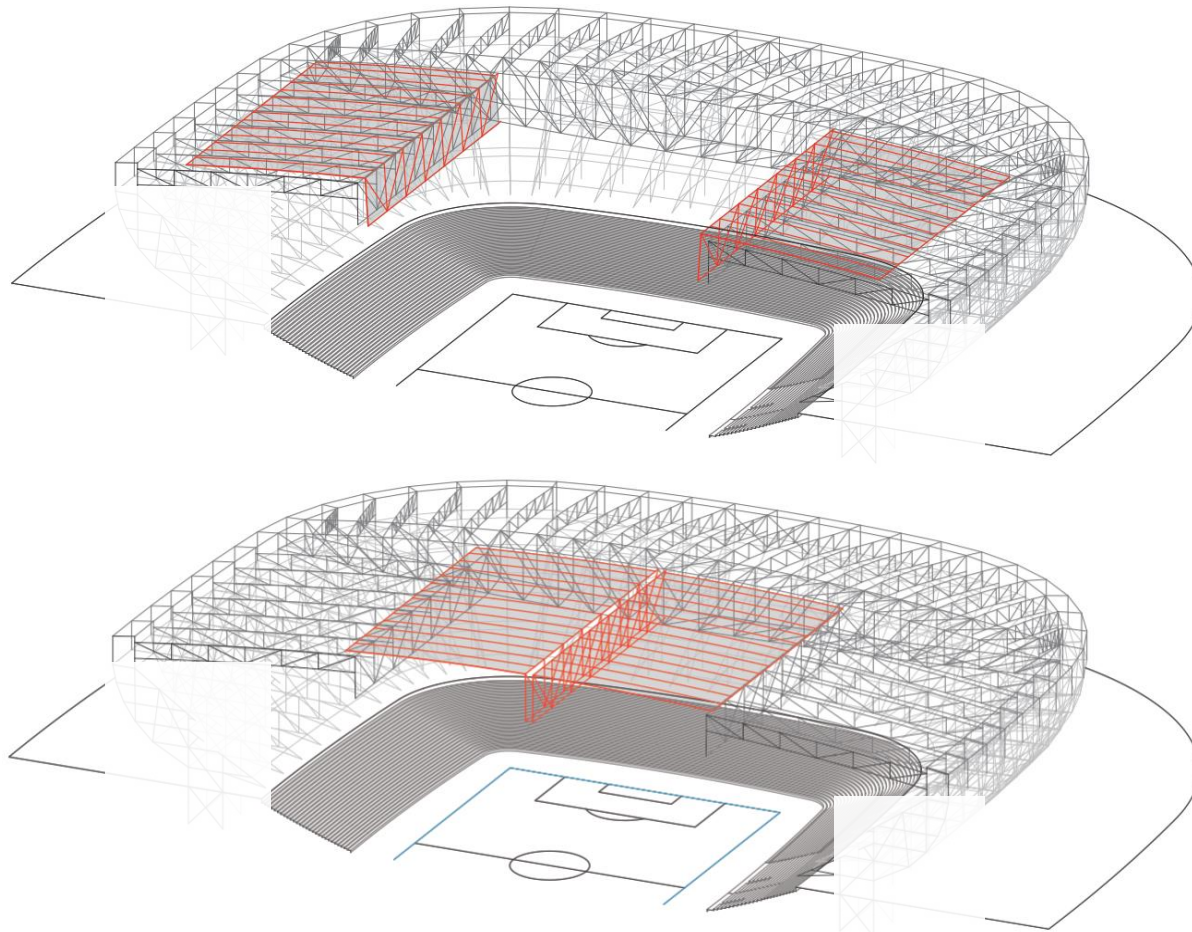
Dakconstructie (boven L08)

De dakconstructie is volledig uitgevoerd in staal en opgebouwd uit primaire, secundaire en tertiaire spanten (zie Figuur 3-6). De twee primaire lensvormige vakwerkspanten (T1) zijn 'doosvormig' (box-shape) en dragen direct af op onderliggende betonnen kernen. Langs de opening van het dak lopen secundaire vakwerkspanten (T2) die afdragen op de primaire spanten. Tertiaire spanten (T3) vanaf de buitenrand van het stadion naar de primaire en secundaire spanten vormen de rest van de dakconstructie.

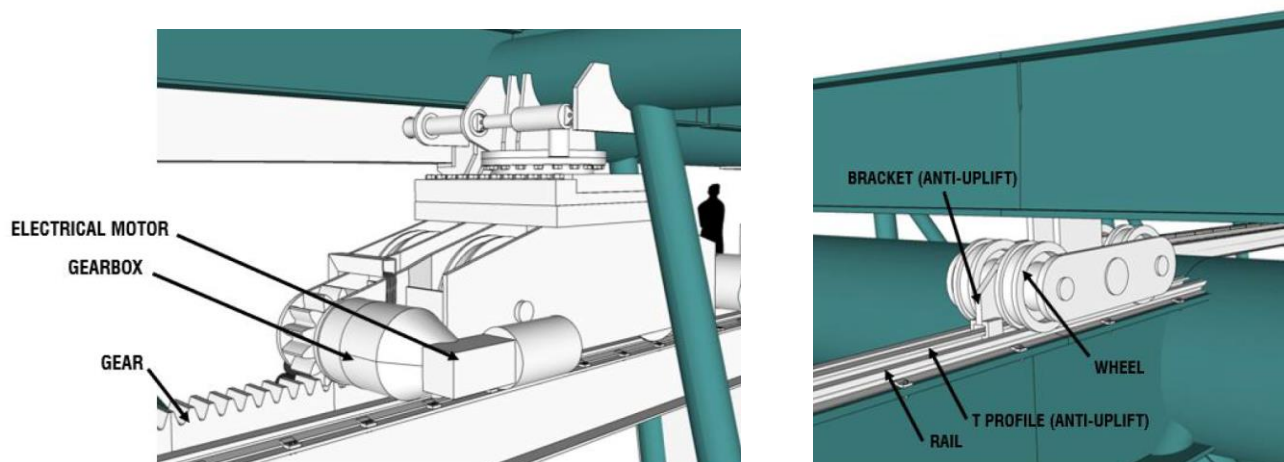


Figuur 3-6 Staalconstructie van het dak

Om het dak te kunnen openen en sluiten worden de secundaire spanten dubbel uitgevoerd (een 'vast' spant en een beweegbaar spant, onderdeel van het schuifdak), zie ook Figuur 3-7. Het in rood aangegeven deel van de constructie ligt als een omgekeerde L-vorm tegen het vaste deel van het dak aan en wordt door middel van zogeheten 'bogies' (zie Figuur 3-8) schuivend uitgevoerd, zodat hiermee het dak geopend en gesloten kan worden. Deze aandrijving is verder uitgewerkt in rapport ROH-001-CO-RP101 "Mechanical design report".



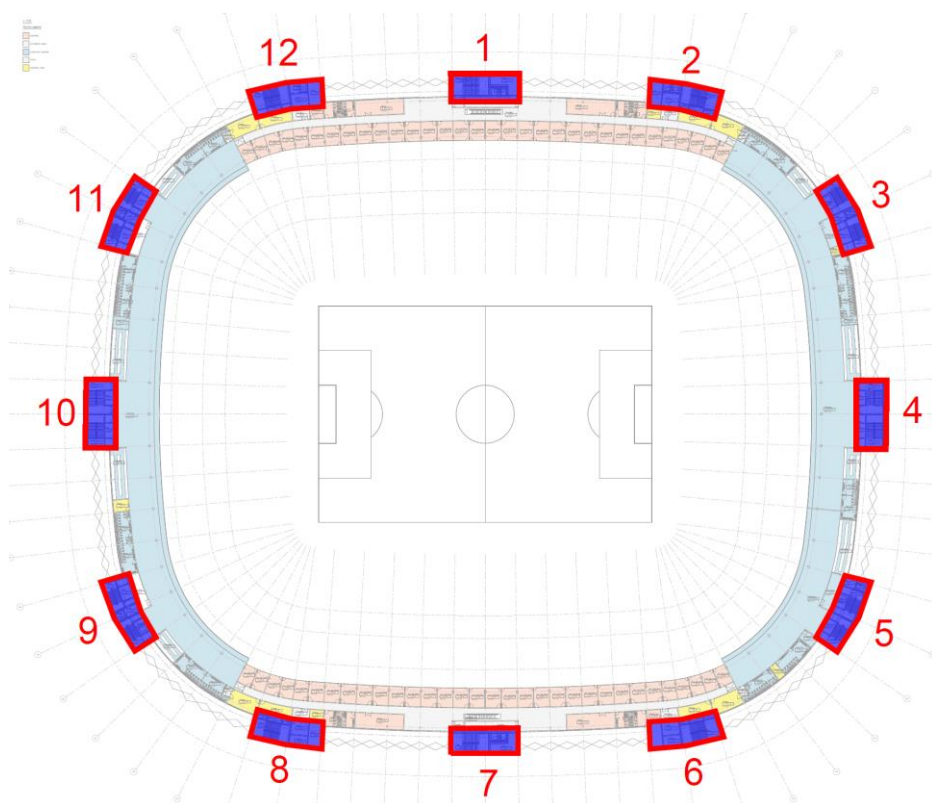
Figuur 3-7 Principe van openen en sluiten van het dak



Figuur 3-8 Bogies. Links: actieve bogie (aandrijving) / Rechts: passieve bogie

3.3 Stabiliteit

De stabiliteit van het stadion wordt verzorgd door een twaalfstal in het werk gestorte betonnen kernen onder de derde ring, zie Figuur 3-9 met daarbij de nummering van de kernen. De windbelasting en de horizontale belastingen vanuit het tribunes (10% van de veranderlijke belasting) worden via deze kernen afgedragen naar de fundering.



Figuur 3-9 Principe van kernen rondom inclusief nummering

3.4 Vervormingen

3.4.1 Vervormingsgedrag gebouw

Zie paragraaf 5.3.1

3.4.2 Vervormingen in de ondergrond

Om schade te voorkomen door vervormingen van de ondergrond mogen er ten gevolge van zettingen in het gebouw geen grotere hoekverdraaiingen optreden dan 1/600.

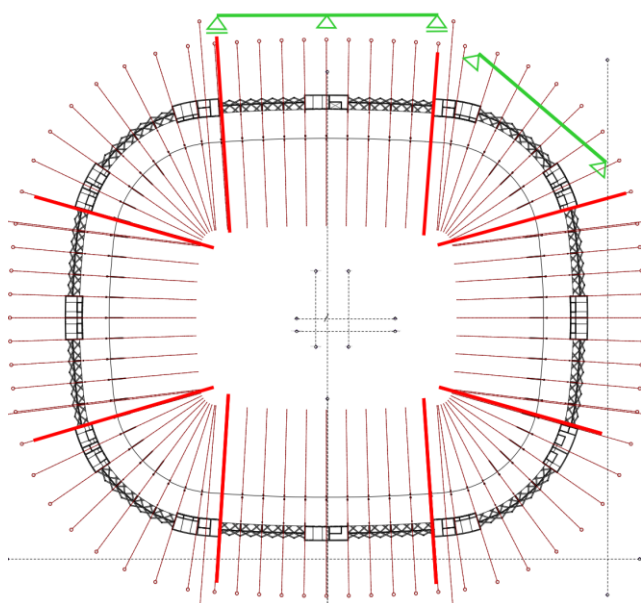
In rapport I&B BF3499_R025 "Integrale Gewichtsberekening Stadion" wordt dit verder uitgewerkt.

3.5 Dilataties en/of tijdelijke voegen

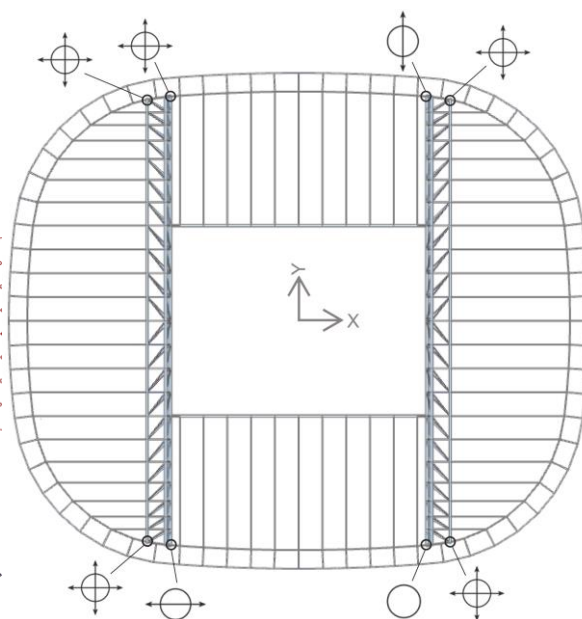
De hoofddraagconstructie en de vloeren van het stadion bevinden zich deels in binnen- en buitenklimaat. De temperatuurswisselingen van de onderdelen buiten en het verschil in temperatuur tussen binnen en buiten heeft invloed op het vervormingsgedrag van de diverse constructieonderdelen. Naast bouwkundige thermische onderbrekingen zijn er ook dilataties (met of zonder dwarskrachtoverdracht voor schijfwerking) benodigd in de hoofddraagconstructie.

In Figuur 3-10 is de hoofdpopzet van de (vloer)dilataties aangegeven. Deze dilataties zijn in één richting, dwars op de tierconfiguratie steunen de vloerschijven horizontaal af naar elke kern. Deze dilataties zijn in het rapport I&B BF3499_R023 "Ontwerprapport Tribunes en Onderbouw" verder uitgewerkt.

De dakconstructie wordt via pot-bearings glijdend op de kernen opgelegd, zodanig dat vrije verlenging en verkorting mogelijk is: zie rapport I&B BF3499_R022 "Ontwerprapport dakconstructie".



Figuur 3-10 Principe van dilataties



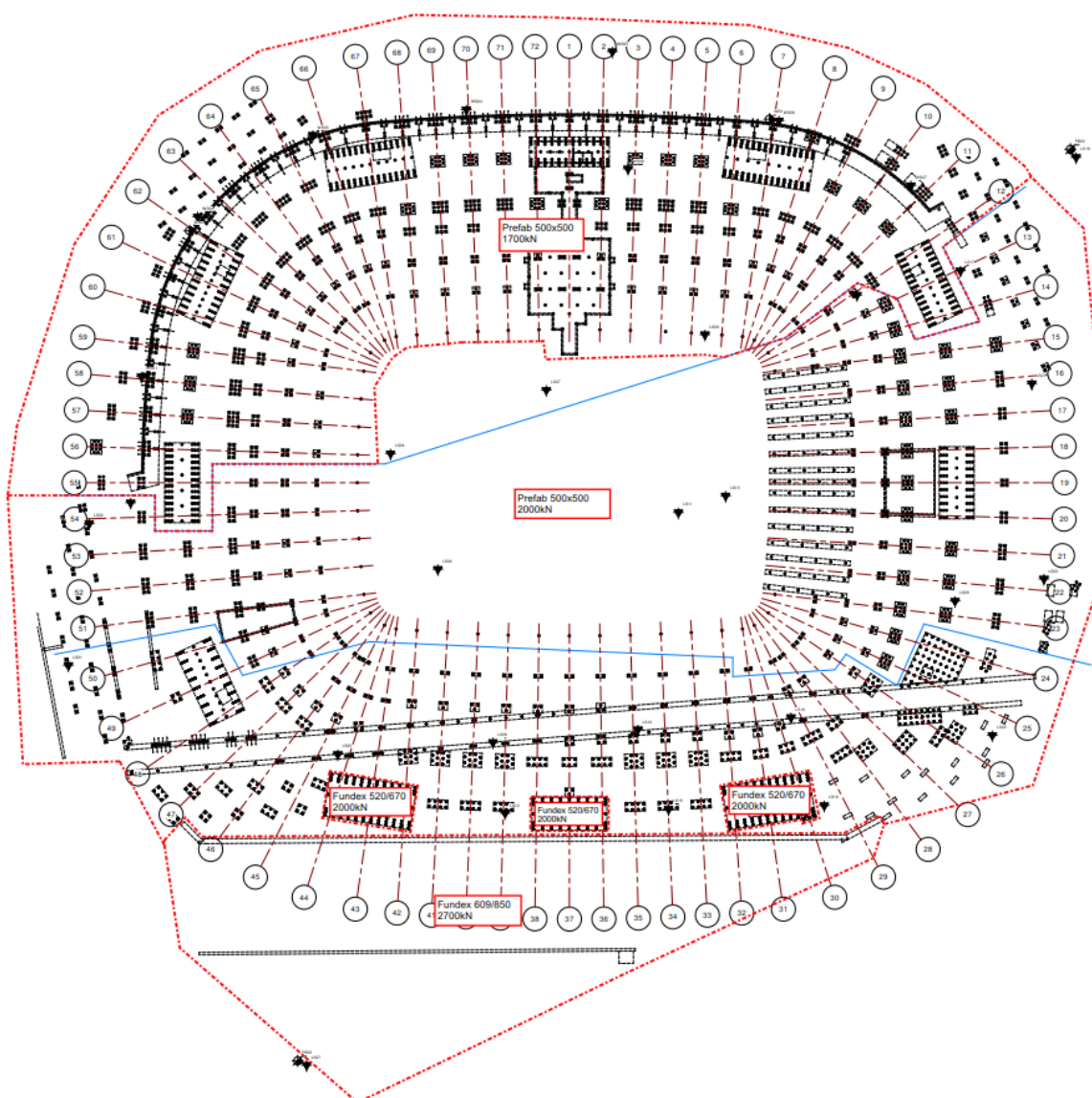
Figuur 3-11 Principe glijdende oplegging dakconstructie

3.6 Fundering en bouwput

Het gebouw zal gefundeerd worden op funderingspalen, aangebracht tot in de eerste zandlaag die zich bevindt op een diepte van ca. NAP –15 tot ca. –30 m. De palen in een zone tot 5m buiten het spoor dienen trillingsvrij ingebracht te worden, zie Figuur 3-12.

Hier worden grondverdringende schroefinjectiepalen (Fundex o.g.) geadviseerd met een schacht/punt diameter van Ø520/670 en Ø609/850.

Voor de overige palen kan gebruik gemaakt worden van een prefab betonpaal van 500x500mm.



Figuur 3-12 Overzicht toe te passen paaltypes

3.7 Robuustheid constructie

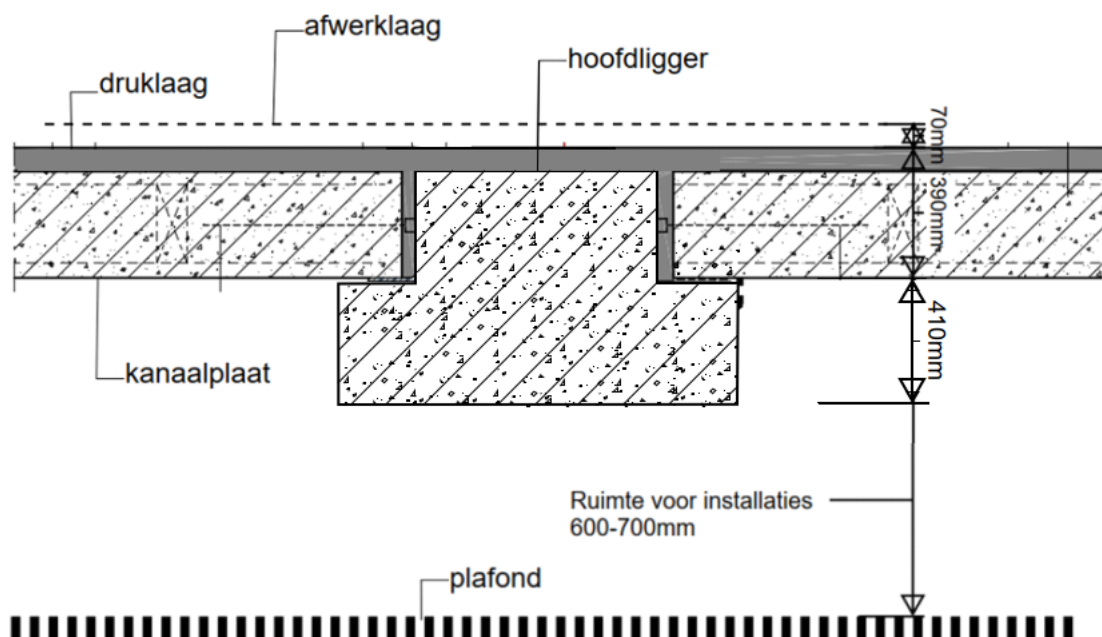
Het stadion is ingedeeld in categorie CC3 gezien de publieksfunctie en waarbij in geval van bezwijken meer dan 500 personen gelijktijdig gevaar lopen. Conform de NEN-EN1991-1-7 dient er voor dergelijke gebouwen een risicoanalyse te worden uitgevoerd. Daarnaast is het van belang dat de constructie voldoende robuust is, waarmee de gevolgen door bekende en onbekende bijzondere belastingen beperkt kunnen blijven.

Zie verder rapport I&B BF3499_R027 "Robuust ontwerpen en tweede draagweg". In deze rapportage wordt een (kwalitatieve) risicoanalyse gegeven. Daarnaast worden de belangrijkste uitgangspunten met betrekking tot het robuust ontwerpen / tweede draagweg aangegeven.

3.8 Relatie met andere disciplines

3.8.1 Installaties

In de vloeren wordt zoveel als mogelijk gebruik gemaakt van in de vloerhoogte geïntegreerde prefab liggers. Op deze manier wordt de ruimte boven het plafond voor installaties gemaximaliseerd op ca. 700 mm (zie Figuur 3-13).



Figuur 3-13 Geïntegreerde vloerligger met ruimte voor installaties

4 Algemene uitgangspunten

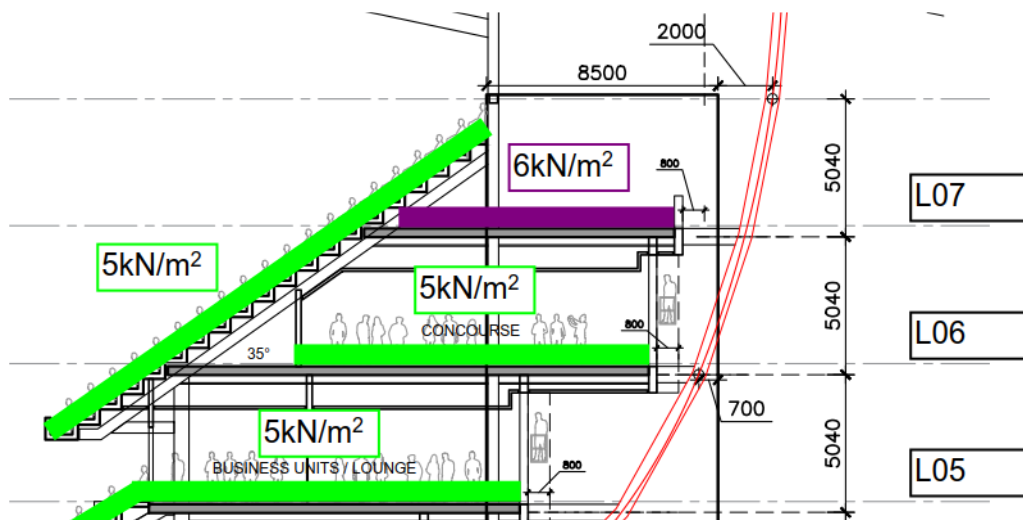
4.1 Project specifieke eisen

4.1.1 Eisen flexibiliteit

Vanuit de opdrachtgever wordt de volgende eis gesteld.

Het ontwerp van het stadion dient qua situering en invulling van de zakelijke sector voldoende flexibiliteit te bieden om in de toekomst relatief eenvoudig de capaciteit van deze sector uit te breiden of terug te brengen.

Om deze flexibiliteit in te vullen is er de mogelijkheid om het aanbod business(unit) uit te breiden op het dak van laag 07. Voor dit dakvlak wordt gerekend met een variabele belasting van 600 kg/m² zodat hier in de toekomst rooftop units geplaatst kunnen worden.



Figuur 4-1 Positie voor toekomstige uitbreiding business in paars aangegeven

4.1.2 Eisen beperking van hinder naar de omgeving

Vanuit de opdrachtgever worden de volgende twee eisen meegegeven betreffende de geluidshinder. Deze eisen zullen primair bouwkundig worden ingevuld en hebben mogelijk impact op de constructie, mocht er randvoorwaarden gaan gelden bijvoorbeeld aan constructieve massa of andere bouwfysische eigenschappen van constructiemateriaal.

Het ontwerp dient te voorzien in het beperken van de geluidsemissie tot de maximale grenswaarde tijdens evenementen (incidentele bedrijfssituatie, niet standaard, maar maatwerk):

- Dagperiode: 75 dB (23:00 uur eindtijd, daarna nachtrust en 20 dB naar beneden)

Het ontwerp dient te voorzien in het beperken van de geluidsemissie tot de maximale grenswaarde tijdens wedstrijden (representatieve bedrijfssituatie, niet standaard, maar maatwerk)

- Dagperiode: 55 dB
- Avondperiode: 50 dB
- Nacht (na 23 uur): 45 dB

4.1.3 Eisen bouwwijze en –fasering

Bij het bouwen naast en over het spoor dient rekening gehouden te worden met eventueel benodigde buitendienststellingen en regels en eisen ten aanzien van de Spoorwegwet.

Dit dient in een volgende fase verder uitgewerkt te worden.

4.1.4 Eisen duurzaamheid en milieu

In de fase Voorlopig Ontwerp door de Adviseur Duurzaamheid samen met opdrachtgever de haalbaarheid van de ambities op het gebied van duurzaamheid onderzocht. Eén van de onderzochte punten is de haalbaarheid van de BREEAM-NL certificering 'Excellent'. Deze certificering kent een aantal relevante credits voor het ontwerp van de hoofddraagconstructie (vastgesteld in het VO):

Mat 1

“Het identificeren en stimuleren van het gebruik van materialen met een lage milieu-impact gedurende de volledige levenscyclus van het gebouw.”

Van een hoofdbouwdeel (zie MAT 5 voor een lijst van gebouwelementen) zijn minimaal drie materialenopties met een milieuprestatieberekeningstool overwogen. Het ontwerpteam kan aantonen dat de resultaten van deze overweging de uiteindelijke keuze van de bouwdelen hebben beïnvloed. Het totaal aan overwogen opties moet een impact van minimaal 5% op de totale schaduwprijs hebben.

Mat 5

“Het stimuleren van de toepassing van materialen met een onderbouwde/verantwoorde herkomst in de hoofdbouwdelen.”

Het volgende toont aan dat aan de criteria wordt voldaan:

- 1.1 Minimaal 80 volume% van de isolatiematerialen heeft een tier level van 1, 2 of 3. De score wordt berekend met het tabblad isolatie in de MAT 5-calculator en is maximaal 1 creditpunt.
- 1.2 Voor de isolatiematerialen is tier level 4 onvoldoende. Zie Tabel 28: Eisen milieumanagementsystemen voor isolatiematerialen.

Mat 8

“Het stimuleren van het ontwikkelen van gebouwen met een hoge mate van flexibiliteit.”

Het volgende toont aan dat aan de criteria wordt voldaan:

Met behulp van de rekentool Gebouwflexibiliteit is een berekening van de verkavelbaarheid, aanpasbaarheid en multifunctionaliteit gemaakt, waaruit blijkt dat de mate van gebouwflexibiliteit voldoet aan de creditcriteria.

Wst 2

“Het stimuleren van het gebruik van gerecycled of secundair toeslagmateriaal in steenachtige constructies, waardoor de vraag naar nieuwe grondstoffen afneemt en materialen efficiënter worden gebruikt.”

Het volgende toont aan dat aan de criteria wordt voldaan (NB: voor hogere betonsterkte klassen vanaf C55/67 is onderstaande in de praktijk vaak niet realiseerbaar):

- 1.1 Voor elke toepassing (indien aanwezig) is het percentage toeslagmateriaal (in volume of gewicht), dat is gerecycled of van een secundaire bron afkomstig, groter dan de in tabel 30 gespecificeerde

minimumwaarde om een bijdrage te leveren aan de berekening (de teller van de breuk) van de totale hoeveelheid toeslagmateriaal

1.2 De totale hoeveelheid gerecycled of van een secundaire bron afkomstig toeslagmateriaal is groter dan 25% (in volume of gewicht) van de totale hoeveelheid toeslagmateriaal gebruikt in steenachtige constructies zoals gedefinieerd in tabel 31. Indien voor een toepassing criteria-eis 1.1 niet is behaald dient al het toeslagmateriaal van die toepassing meegeteld te worden in de totale hoeveelheid toeslagmateriaal (de noemer van de breuk) maar mag niet worden meegeteld als gerecycled of secundaire toeslagmateriaal (de teller van de breuk).

1.3 Gerecyclede en/of secundaire toeslagmateriaal is:

- Afval van bouw, sloop of graafwerkzaamheden op locatie of van een ander bouwproject, EN/OF
- Secundair toeslagmateriaal afkomstig van afval na gebruik van een product (post-consumer waste).

Voor meer achtergrond zie www.dgbc.nl.

Bij afronding DO is er beoogd géén certificering aan te gaan vragen doch slechts zijdelings inhoudelijk te sturen op de BREEAM-credits.

4.1.5 Uitbreidbaarheid

Er is in het DO rekening gehouden met een verticale uitbreiding ter plaatse van L07 door middel van additionele businessunits. Zie hiervoor hoofdstuk 4.1.1.

Er is geen rekening gehouden met een horizontale uitbreiding.

4.2 Conditie projectlocatie

4.2.1 Bodem en ondergrond

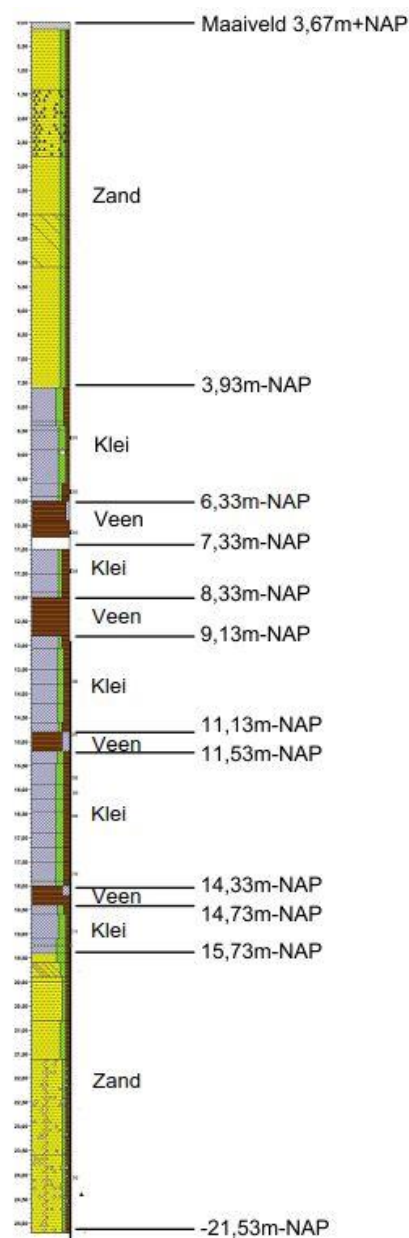
De bouwlocatie is gelegen in Rotterdam. De opbouw van de grond is als indicatie te zien onderstaand grondprofiel dat gebaseerd is op één van de grondboringen op de locatie. Zie voor verdere informatie T&P BF3499_R014 Ontwerprapport Funderingsadvies.

Een deel van de ondergrond wordt gevormd door landaanwinning in de Nieuwe Maas, vanaf de bodem van de Nieuwe Maas geven de grondboringen eenzelfde beeld als het bovenstaand grondprofiel.

Maaiveld: ca. 3,5m tot 4,0m + NAP

Grondwaterstanden (als uitgangspunt voor berekening constructie en paalfundering): nader te bepalen in volgende fase.

Maximum stijghoogte bouwfase:	2,5m + NAP
Maximum stijghoogte (GWSmax) eindfase:	3,0m + NAP
Minimum stijghoogte (GWSmin) eindfase:	1,0m – NAP



Figuur 4-2 Grondprofiel afgeleid uit een van de grondboringen gemaakt op locatie

4.2.2 Belendingen

Het bouwterrein bevindt zich tussen de Nieuwe Maas en de spoorweg Rotterdam – Dordrecht. De concourse (L02) wordt deels over het spoor heen gebouwd. Voor het bouwen nabij en over het spoor dient door de aannemer een vergunning op grond van de Spoorwegwet aangevraagd te worden.

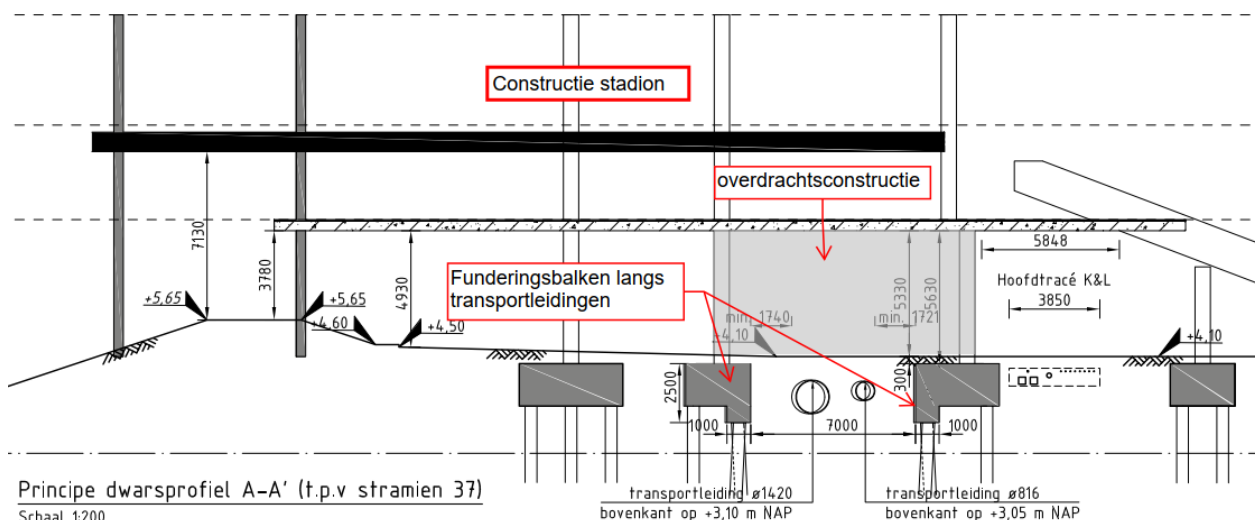
Naast het spoor bevindt zich een dijk die deel uitmaakt van de primaire waterkering. Ter plaatse van het stadion wordt de functie van de primaire waterkering overgenomen door een combinatie van de wand tussen spoor en korte stadionweg bovengronds en een damwand ondergronds (zie ook Figuur 5-1).

4.2.3 Ondergrondse infrastructuur

In de ondergrond bevinden zich diverse kabels en leidingen.

Twee drinkwater transportleidingen van Evides zullen voornamelijk niet verplaatst worden. Met deze leidingen is in het ontwerp van de fundering van het stadion rekening gehouden (zie Figuur 4-3). Daarnaast wordt een nieuw kabel- en leidingtracé tussen de nieuwe funderingselementen gepland (zie eveneens Figuur 4-3).

De aanwezigheid en het overbouwen van de Evides-leidingen kent specifieke risico's welke nader aan de orde komen in rapportage I&B BF3499_R027 "Robuust ontwerpen en tweede draagweg".



Figuur 4-3 Overzicht kritieke belendingen en ondergrondse infrastructuur

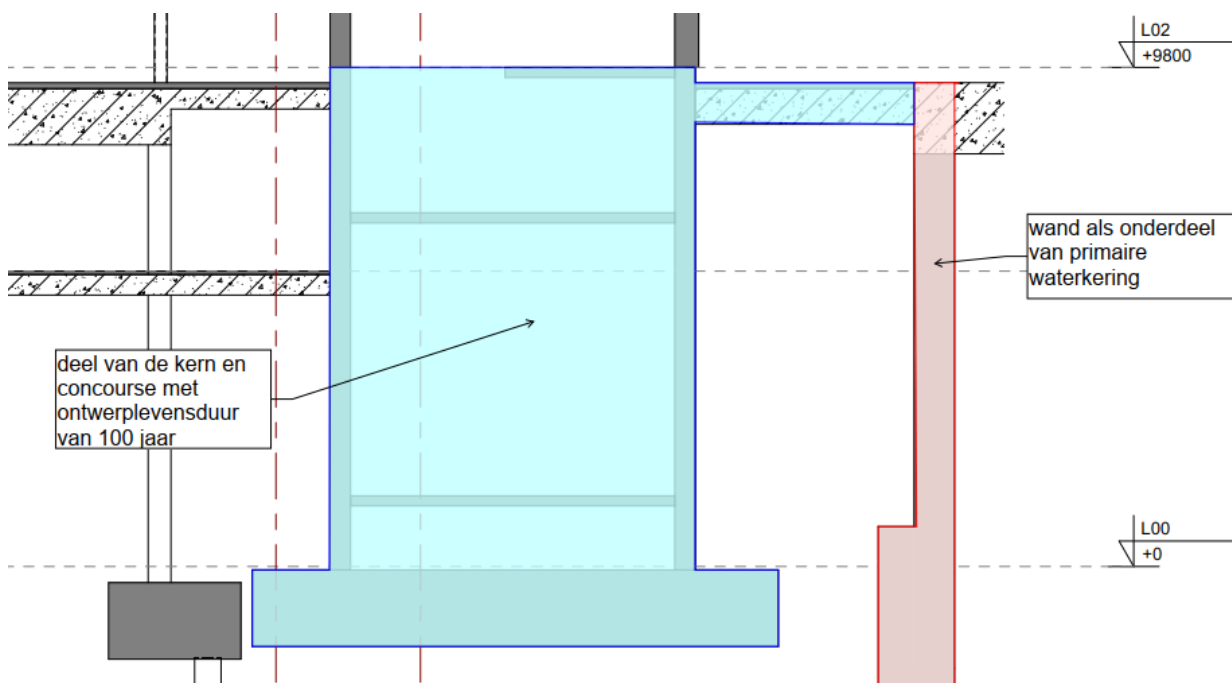
5 Constructieve uitgangspunten

5.1 Veiligheid en betrouwbaarheid

5.1.1 Gevolgklasse en ontwerplevensduur

- Gevolgklasse: CC3 volgens NEN-EN 1990/+NB tabel B1
- Ontwerplevensduurklasse: 4 volgens NEN-EN 1990/+NB tabel 2.1
- Ontwerplevensduur: 50 jaar*) volgens NEN-EN 1990/+NB tabel 2.1

*) De wand langs het spoor wordt onderdeel van de nieuwe primaire waterkering. Deze waterkering heeft een ontwerplevensduur van 100 jaar. Deze wand dient daarom ook uitgevoerd te worden met een ontwerplevensduur van 100 jaar evenals het deel van het concours en kernen L05 t/m L09 die samen deze wand aan de bovenzijde steunen (zie Figuur 5-1. Bij de verdere uitwerking van deze constructiedelen in een volgende fase dient hier rekening mee gehouden te worden in belastingen en overige eisen.



Figuur 5-1 Primaire waterkering en ondersteunende constructie met ontwerplevensduur 100 jaar, doorsnede as 37

5.1.2 Belastingfactoren

Op basis van NEN-EN 1990/+NB worden de belastingfactoren in Tabel 1 toegepast. Bij de uitvoer van de computerberekeningen worden de belastingcombinaties voor het specifieke geval gegeven.

Tabel 1: Belastingfactoren CC3 conform NEN-EN 1990/+NB

Belastingcombinaties	Permanente belastingen		Overheersende veranderlijke belasting	Veranderlijke gelijk met de overheersende
	Normaal (ongunstig)	Gunstig		
Uiterste grenstoestanden (UGT)				
EQU	$1,10 \times 1,1 = 1,21$	0,90	$1,50 \times 1,1 = 1,65$	$1,50 \times \psi_{0,i} (>1) \times 1,1 = 1,65$
STR/GEO (vgl. 6.10a)	$1,35 \times 1,1 = 1,49$	0,90	$1,50 \times \psi_{0,1} \times 1,1 = 1,65$	$1,50 \times \psi_{0,i} (>1) \times 1,1 = 1,65$
STR/GEO (vgl. 6.10b)	$1,20 \times 1,1 = 1,32$	0,90	$1,50 \times 1,1 = 1,65$	$1,50 \times \psi_{0,i} (>1) \times 1,1 = 1,65$
Buitengewoon (vgl. 6.11a/b)	1,00	1,00	$1,00 \times \psi_{1,1}^{(opm.)}$	$1,00 \times \psi_{2,i} (>1)$
Buitengewoon (vgl. 6.12a/b)	1,00	1,00	$1,00 \times \psi_{2,1}$	$1,00 \times \psi_{2,i} (>1)$
Opm.: Uitsluitend voor wind in combinatie met brand bij het beoordelen van disproportionele schade volgens NEN-EN 1991-1-7; voor overige gevallen: $\psi_{2,1}$.				
Bruikbaarheidsgrenstoestanden (BGT)				
Karakteristiek	1,00	1,00	1,00	$1,00 \times \psi_{0,i} (>1)$
(onomkeerbare grenstoestand)				
Frequent	1,00	1,00	$1,00 \times \psi_{1,1}$	$1,00 \times \psi_{2,i} (>1)$
(omkeerbare grenstoestand o.a. scheurwijdte gewapend en voorgespannen beton, trillingen, doorbuiging door tijdelijke belastingen)				
Quasi-permanent	1,00	1,00	$1,00 \times \psi_{2,1}$	$1,00 \times \psi_{2,i} (>1)$
(omkeerbare grenstoestand en lange termijn effecten o.a. kruip, doorbuiging door permanente belastingen, doorbuiging beton)				

Volgens NEN-EN 1990:

EQU: verlies van statisch evenwicht van de constructie waarbij de sterktes van bouwmaterialen of de grond in het algemeen niet bepalend zijn

STR: intern bezwijken of buitensporige vervorming van de constructie of van constructieve elementen waarbij de sterktes bepalend zijn (fundering op staal, palen, kelderwanden enz.)

GEO: bezwijken of buitensporige vervorming van de grond waarbij de sterktes van grond bepalend zijn voor de te leveren weerstand

5.1.3 ψ -factoren

De ψ -factoren worden bepaald volgens NEN-EN 1990/NB art. A1.2.2. Voor dit project worden de waarden van Tabel 2 toegepast.

Tabel 2: ψ -factoren

Veranderlijke belasting		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Categorie C	Bijeenkomstruimtes	0,6/0,4**	0,7	0,6
Categorie E	Opslagruimtes	1,0	0,9	0,8
Categorie F	Verkeersruimte, voertuig ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Categorie G	Verkeersruimte, $30 \text{ kN} < \text{voertuig} \leq 160 \text{ kN}$	0,7	0,5	0,3
Categorie H	Daken	0,0	0,0	0,0
Sneeuw		0,0	0,2	0,0
Wind		0,0	0,2	0,0
Temperatuur		0,0	0,5	0,0

ψ_0 = factor i.v.m. de combinatie waarde van een veranderlijke belasting

ψ_1 = factor i.v.m. de frequente waarde van een veranderlijke belasting (1% van de tijd aanwezig)

ψ_2 = factor i.v.m. de quasi-blijvende waarde van een veranderlijke belasting (50% van de tijd aanwezig)

** De waarde 0,6 geldt voor delen van het gebouw die in geval van een calamiteit zwaar kunnen worden belast door een mensenmenigte (vluchtroutes, trappen enz.); de waarde 0,4 geldt in overige gevallen

5.2 Materialen

5.2.1 Materiaalspecificaties

– Constructiestaal (minimaal)*

Walsprofielen	S355 (onderbouw), S460 (dakconstructie)
Kokerprofielen	S355 (onderbouw), S460 (dakconstructie)
Buisprofielen	S355 (onderbouw), S460 (dakconstructie)
Geïntegreerde liggers	S355
Platen	S355 (onderbouw), S460 (dakconstructie)
Bouten binnen	8.8 gerolde draad
Bouten buiten	RVS (AISI 316 Ti, A4, klasse 70 of 80)
Ankers	4.6 met onderplaat of haak 8.8 met onderplaat

* Exacte codering afhankelijk voor kerfslagwaardes etc. vast te stellen in fase TO.

– Voegmortels

Onder prefab kolommen	minimaal K70 gietmortel
Onder stalen kolommen	minimaal K70 gietmortel

– Beton

In het werk gestort	variërend van C30/37 tot C55/67
Prefab	minimaal C55/67
Betonstaal	B500B
Milieuklasse	conform Tabel 3

Tabel 3: milieuklassen en betonspecificaties

Betonwerk binnenmilieu	XC1		0.65	260
paalfundering	XC2	XA1	0.55	300
funderingsbalken*	XC2, XD2, XF4		0.45	320
kelderwanden*	XC2, XF3		0.50	300
wanden en kolommen parkeren	XC3, XD1		0.55	300
vloer parkeren	XC4, XD3		0.45	300

* In het DO nagaan of het Maaswater hier nog ziltig is waardoor milieuklasse XS relevant wordt.

5.2.2 Verlijmen van bevestigingen

Verlijmen van (constructieve) bevestigingen is niet toegestaan. Uitzondering hierop is het toepassen van lijmmankers in betonconstructies indien van gecertificeerd fabricaat (Hilti, Fischer etc.)

5.3 Eisen m.b.t. bruikbaarheidsgrenstoestanden

Voor vervormingen en trillingen wordt uitgegaan van de eisen die in NEN-EN 1990 A1.4 zijn opgenomen. De bruikbaarheidscriteria behoren voor elk project te zijn vastgesteld en overeengekomen met de opdrachtgever. Tevens moeten volgens de NB de strengste criteria volgens NEN-EN 1990 A1.4.3, A1.4.4 en NEN-EN 1992 t/m NEN-EN 1999 zijn gebruikt.

5.3.1 Vervormingen

Eisen aan de bijkomende doorbuiging (NEN-EN 1990 art. A1.4.3(3))

Vloeren ($w_2 + w_3$)	$w_{bij} \leq 3/1000 \cdot l_{ep}$
Vloeren met scheurgevoelige wanden ($w_2 + w_3$)	$w_{bij} \leq 1/500 \cdot l_{ep}$
Daken ($w_2 + w_3$)	$w_{bij} \leq 1/250 \cdot l_{ep}$

w_2 (lange termijn deel blijvende belastingen): quasi-blijvende combinatie

w_3 (veranderlijke belastingen): frequente combi. (vloer), karakteristieke combinatie (dak)

Eisen aan de doorbuiging in eindtoestand (NEN-EN 1990 NB art. A1.4.3(4))

Indien uiterlijk van de constructie van belang is.

Vloeren ($w_1 + w_2 + w_3$)	$w_{eind} \leq 1/250 \cdot l_{ep}$
Daken ($w_1 + w_2 + w_3$)	$w_{eind} \leq 1/250 \cdot l_{ep}$

w_1 (korte termijn deel blijvende belastingen): quasi-blijvende combinatie

$w_2 + w_3$: quasi-blijvende combinatie

Eisen aan de totale horizontale doorbuiging / scheefstand ((NEN-EN 1990 art. A1.4.3(7))

Gebouwen met slechts één bouwlaag	$h_{hor} \leq h/150$ voor industriegebouwen $h_{hor} \leq h/300$ voor overige gebouwen
Gebouwen met meer dan één bouwlaag	$h_{hor} \leq h/300$ per bouwlaag $h_{hor} \leq h/500$ voor het gehele gebouw

h_{hor} : karakteristieke belastingscombinatie

5.3.2 Trillingen

Het gebouw dient aan een aantal eisen met betrekking tot trillingen te voldoen. Trillingen mogen de doelmatigheid van een constructieonderdeel het gebouw niet belemmeren en geen schade veroorzaken. Hinderlijke trillingen en verstoring van apparatuur moeten worden voorkomen.

Voor het project worden trillingen door resonantie van de vloeren en windtrillingen beschouwd conform NEN-EN 1990NB art. A1.4.4(2).

Resonantie vloeren, springen/dansen (gymnastiek- of danszaal)

Eerste eigen frequentie $f_e \geq 5 \text{ Hz}$

In rapport I&B BF3499_R026 “Analyse Dynamica” is aangetoond dat aan deze eis voldaan wordt, of anderszins wordt aangetoond dat aan comfort-eisen ten aanzien van trillingen wordt voldaan.

In de volgende fase dient specifiek gekeken te worden naar de camera standplaatsen in relatie tot trillingen. Voor camera's gelden strengere eisen met betrekking tot trillingen dan de bovenstaande eisen uit de NEN-EN1990. In elk geval zullen de camera's nabij verharde (verticale) steunpunten moeten worden opgesteld en niet halverwege een tribunedeel.

5.3.3 Zwerfstroom

De constructie-onderdelen die zich binnen 10 meter van bovenleiding bevinden dienen beschermd te worden tegen zwerfstroom. Deze bescherming dient in een volgende fase uitgewerkt te worden. Hierbij kan gedacht worden aan het aanbrengen aan kathodische bescherming of, bij wapeningsstaal, het verhogen van de betondekking naar minimaal 50mm.

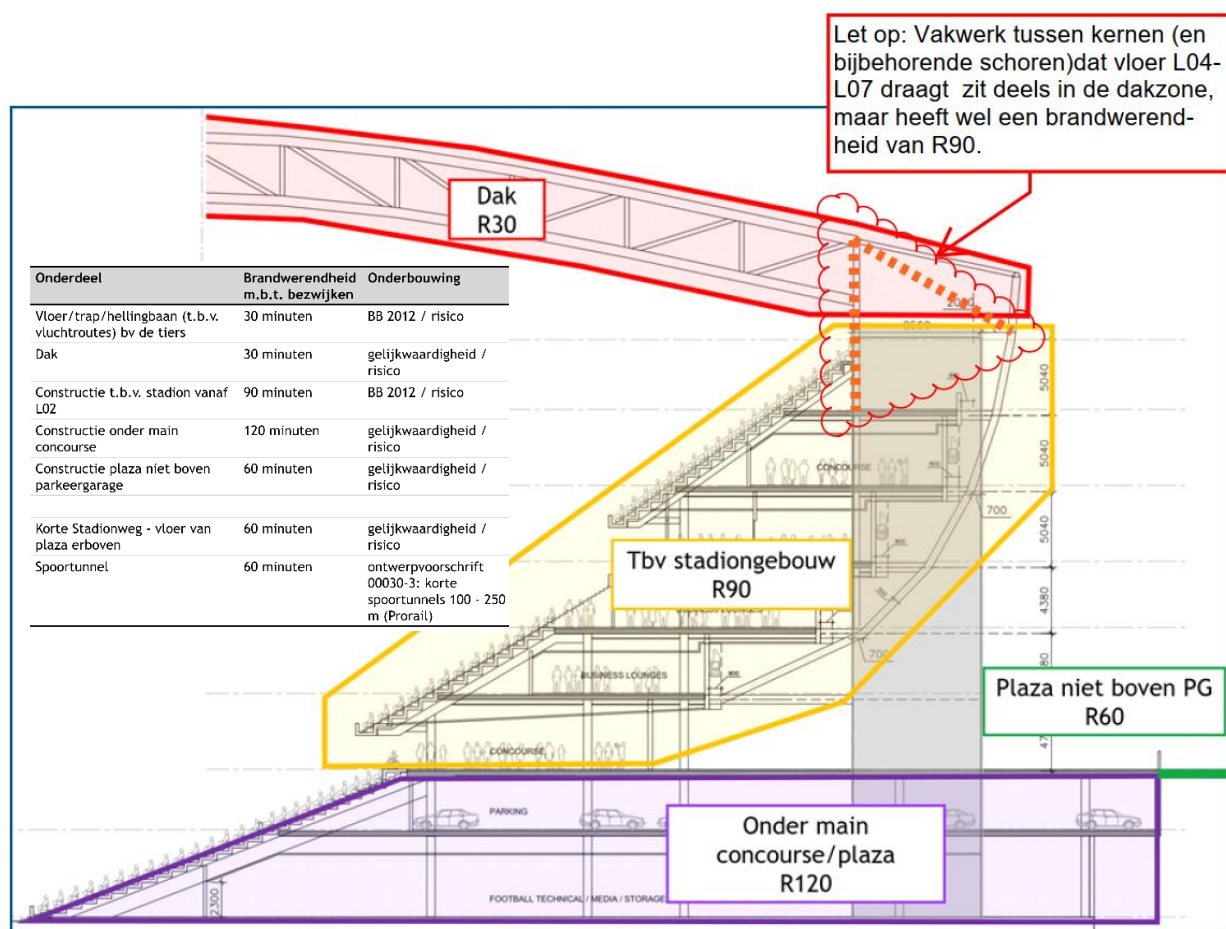
5.4 Eisen m.b.t. tot brandwerendheid

5.4.1 Sterkte bij brand

Voor de (hoofd-)draagconstructie gelden de brandwerendheidseisen als aangegeven in Tabel 4 en Figuur 5-2. Deze volgen uit de 100% VO-rapportage M.2016.0167.08.P020 van DGMR d.d. 26-06-2018 en het afstemmingsoverleg bouwteam – brandpreventiecommissie d.d. 05-04-2019.

Tabel 4: Overzicht brandwerendheidseisen (hoofd-)draagconstructie in minuten

Hoogste vloer verblijfsgebied	> 13,0 m
Eis volgens bouwbesluit	90
Vereiste brandwerendheid hoofddraagconstructie <u>boven</u> L02	90
Vereiste brandwerendheid hoofddraagconstructie <u>L02 en lager</u>	120
Vereiste brandwerendheid dakconstructie	30

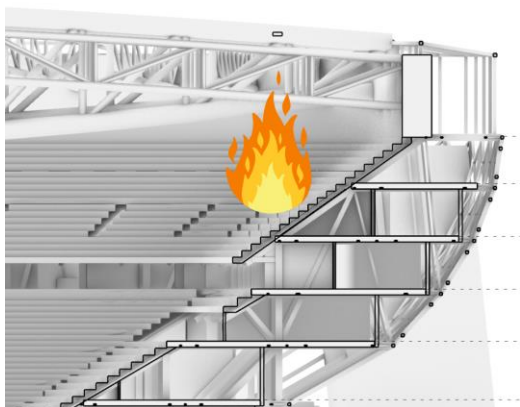


Figuur 5-2 Overzicht brandwerendheid hoofddraagconstructie

In principe worden vanuit het bouwbesluit aan een dakconstructie géén eisen m.b.t. brandwerendheid gesteld aangezien brand technisch een dakconstructie geen onderdeel is van de hoofddraagconstructie. Overigens geldt wel dat het bezwijken van een dakconstructie het veilig ontluchten uit een brandcompartiment niet mag belemmeren. In overleg met DGMR is besloten dat dit specifieke onderdeel van het gebouw, wegens de zeer grote overspanning, gezien moet worden als ‘buiten Bouwbesluit c.q. maatwerk’ en dat hieraan een specifieke brandwerendheidseis van 30 minuten kan worden gesteld. Deze eis is in overleg met DGMR overgenomen en derhalve vastgesteld op 30 minuten, hetgeen overeenkomt met ca. 2 maal de ontruimingstijd van het stadion. In een latere fase zal door DGMR gekeken worden of de temperatuurontwikkeling ter plaatse van de dakconstructie zodanig is dat al dan niet brandwerende maatregelen nodig zijn.

Bij voornamelijk op normaalkracht belaste delen van de dakconstructie in combinatie met gereduceerde belastingfactoren zal de gevraagde brandwerendheid naar verwachting worden gehaald zonder het toepassen van brandwerende verf of bekleding. Dit zal in een latere fase nader onderbouwd moeten worden.

Van de invulling van robuustheidseisen als gesteld in paragraaf 5.6 mag verwacht worden dat deze een positieve impact hebben op de weerstand tegen brand.



Figuur 5-3 Brand op tribune

5.5 Eisen m.b.t. waterdichtheid

Ondergrondse betonconstructies dienen zo ontworpen en uitgevoerd te worden dat geen watervoerende scheuren ontstaan.

5.6 Eisen m.b.t. robuustheid

Het gebouw is ingedeeld in gevolgklasse CC3 volgens tabel NB.5 van NEN-EN 1991-1-7+NB. De uitwerking van de maatregelen ten aanzien van robuustheid dient te gebeuren volgens regels opgenomen in:

- NEN-EN 1991-1-7+NB;
- NEN-EN 1992-1-1+NB: paragraaf 9.10.

Voor bovenstaande zal steeds de maatgevende kracht worden aangehouden.

Zie verder rapport I&B BF3499_R027 “Robuust ontwerpen en tweede draagweg”. In deze rapportage wordt een eerste aanzet voor een (kwalitatieve) risicoanalyse gegeven. Daarnaast worden de belangrijkste uitgangspunten met betrekking tot het robuust ontwerpen / tweede draagweg aangegeven.

5.6.1 Differentiatie van ontwerp en berekeningssupervisie

Samenhangend met de indeling in categorie CC3 en RC3 is het bepalen van het supervisieniveau van ontwerp en berekening. De NEN-EN1991-1-7 bijlage B geeft als *aanbeveling* **DSL3**. De aanbeveling wordt gerespecteerd gezien de schaal van het project.

Niveau van ontwerp- en berekenings-supervisie DSL	Aard	Aanbevolen minimeisen voor het controleren van berekeningen, tekeningen en bestekken
DSL3 m.b.t. RC3	Uitgebreide supervisie	Controle door derden: Controle uitgevoerd door een andere organisatie dan die het ontwerp en de berekening heeft gemaakt

Zie voor verdere aanpak controle door derden memo BF3499IBNT2004241242 'CC3 3rd party review cf. NEN-EN 1991-1-7'.

5.6.2 Inspectie tijdens de uitvoering

Conform bijlage B van NEN EN 1990 wordt aanbevolen rekening gehouden te worden met een uitgebreide inspectie door derden tijdens de uitvoering. De aanbeveling dient gerespecteerd te worden gezien de schaal van het project.

Inspectieniveaus IL	Aard	Eisen
IL3 m.b.t. RC3	Uitgebreide inspectie	Inspectie door derden

5.6.3 Verbindingen

In lijn met NEN-EN 1993-1-8 NB art. 4.9 geldt dat verbindingen zodanig ontworpen dienen te zijn dat aansluitende constructies voldoende waarschuwend vermogen bezitten bij bezwijken: falen van een verbinding mag in geen geval leiden tot het plots bezwijken van (delen van) de constructie. Voor gelaste verbindingen kan daaraan worden voldaan middels de in artikel 4.9 vermelde eisen, echter dient het waarschuwend vermogen van de constructie bij het ontwerp van alle typen verbindingen (dus ook boutverbindingen, verankeringen in beton of - prefab - betonknopen) leidend te zijn.

6 Belastingen

6.1 Blijvende belastingen

De blijvende belastingen worden bepaald volgens NEN-EN 1991-1-1 bijlage A.

6.1.1 Volumieke gewichten

Voor de volumieke gewichten wordt uitgegaan van:

■ Beton	25,0	kN/m ³ (gewapend, ter plaatse gestort)
	25,0	kN/m ³ (gewapend, prefab)
■ Staal	78,5	kN/m ³
■ Grond	20,0	kN/m ³ (nat)
	17,0	kN/m ³ (droog)
■ Water	10,0	kN/m ³

6.1.2 Secundair staal dakvlak

Dit betreft het staal dat niet is opgenomen in het rekenmodel van het vaste dak. Gedacht kan worden aan gordingsystemen, knikverkorters, lichte windverbanden, steunstaven, loopbruggen, etc. Het grootste deel van de belasting uit secundair staal wordt toegerekend aan het gordingsysteem met een overspanning van ca. 10,5 m en een h.o.h. afstand van 5,2 m middels HE260A profielen.

-	Gewicht secundair staal, vast dak:	0,25 kN/m ²
-	Gewicht secundair staal, schuifdak:	In SCIA model

Voor het schuifbare dakdeel wordt de belasting vanuit het secundair staal direct in het SCIA model meegenomen.

Zie voor verder omschrijving en belastingen van het van secundair staal rapport I&B BF3499_R022 "Ontwerpberekening Dakconstructie".

6.1.3 Dakbekleding

De bouwkundige afwerking bestaat uit lichte meerwandige polycarbonaat platen welke op roeden bevestigd worden. De overspanning van geprofileerde meerwandige PC-platen ligt tussen de 1,0m en ca. 2,5 m.

-	Gewicht PC-platen inclusief roeden:	0,15 kN/m ²
---	-------------------------------------	------------------------

Deze belasting wordt over het gehele dakoppervlak gerekend (zowel het vaste deel als het schuifbare deel).

Zie voor verder omschrijving en belastingen van de dakbekleding het rapport I&B BF3499_R022 "Ontwerpberekening Dakconstructie".

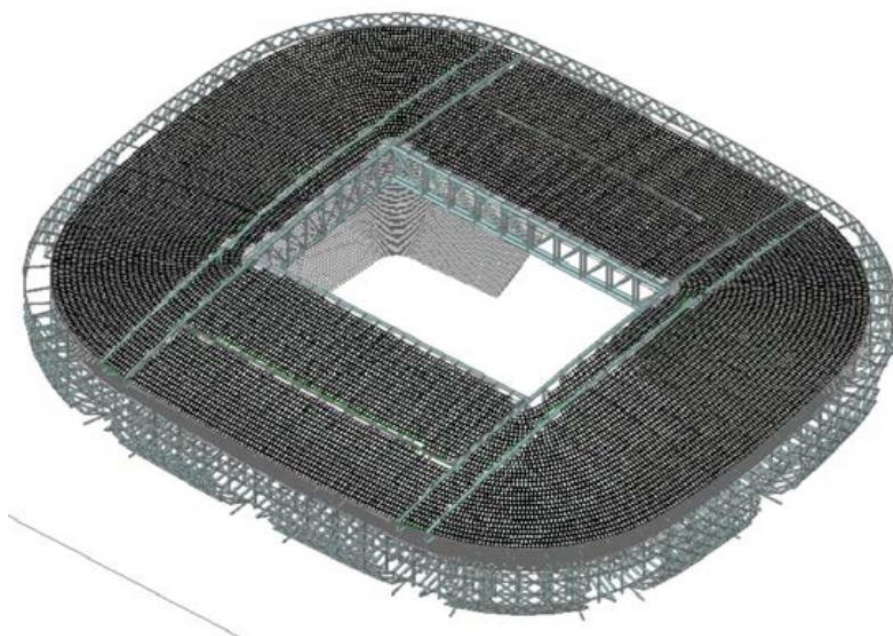
6.1.4 Verduistering

Er wordt géén belasting ten aanzien van een permanente verduisteringsinstallatie gerekend. Er is wel ruimte voorzien voor een akoestische voorziening ter plaatse van het schuifdak (zie paragraaf 6.2.4): dit kan mogelijk tegelijkertijd als verduisterende maatregel worden benut.

6.1.5 Belastingen door installaties

PV-panelen

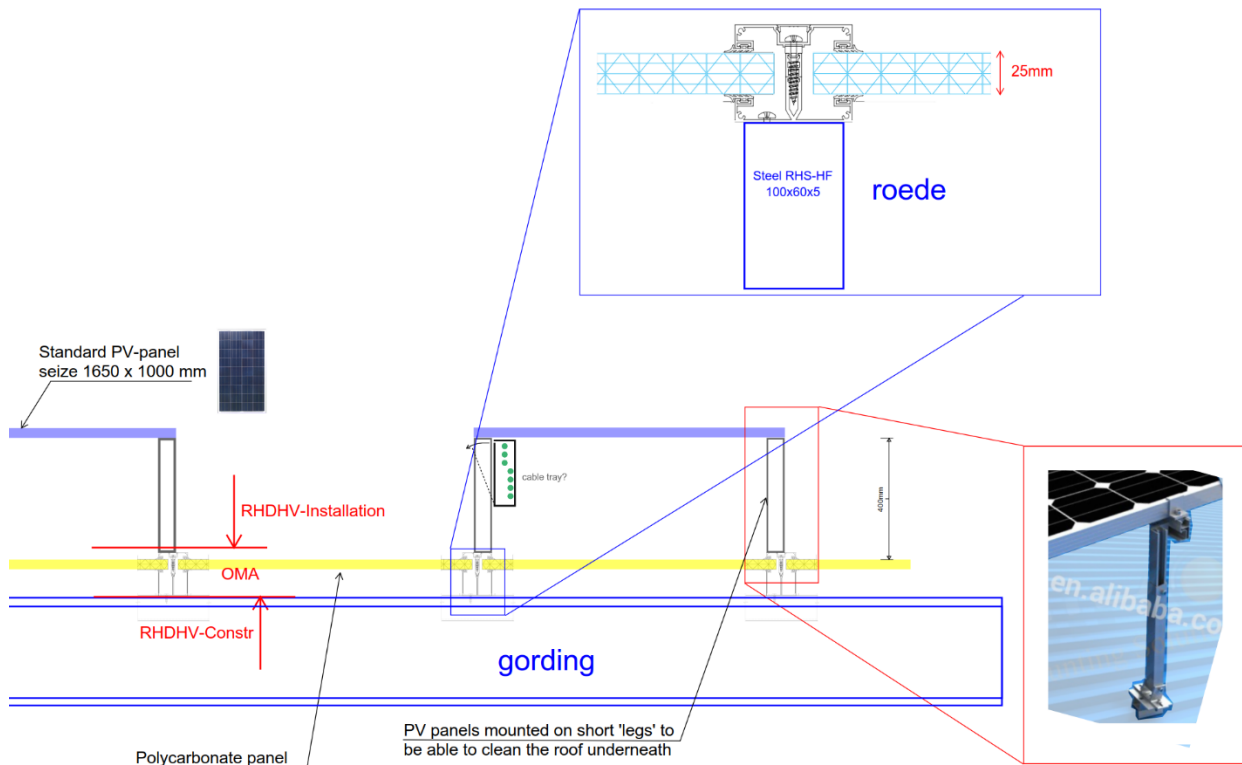
Ten behoeve van PV-panelen is er op het dak een minimaal oppervlakte benodigd van 15.000 m². Na overleg tussen installatie-adviseur en OMA is bepaald om het gehele dak inclusief het schuifdak te voorzien van PV-panelen met een dekkingsgraad van 60% welke behaald wordt door rondom elk paneel ruimte vrij te houden. Enkel het vaste dakvlak onder het schuifdak wordt niet voorzien van PV-panelen, aangezien deze in normale 'open' situatie van het dak reeds afgeschermd zouden worden (zie Figuur 6-1).



Figuur 6-1: Gebied (volledige dak) waar belasting uit PV-panelen gerekend wordt

Voor de PV-panelen geldt een gewicht van 15 kg/m² (0,15 kN/m²). In verband met de dekkingsgraad van 60% kan deze gereduceerd worden naar $0,6 \times 15 = 9 \text{ kg/m}^2$. Om rekening te houden met aluminium pootjes (draagframe dat afsteund op de roedeprofielen) en bevestigingsmateriaal wordt er gerekend met een gewicht van $0,7 \times 15 = 10,5 \text{ kg/m}^2$ (0,105 kN/m²).

- Gewicht PV-panelen (oppervlaktelast): 0,105 kN/m²



Figuur 6-2: Detaillering dakafwerking met bevestiging PV panelen

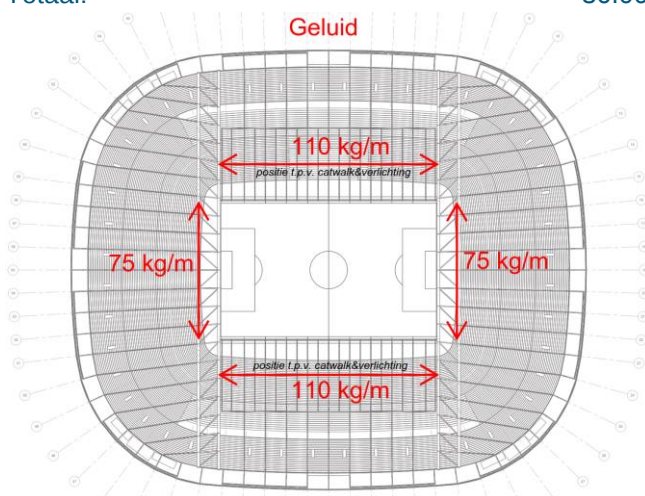
Geluid incl. verlichting:

Belastingen voor permanente ophanging geluid (volgens opgave EA-220095R4 d.d. 19-3-2018) waarbij eveneens het gewicht voor LED-verlichting is meegenomen.

Lange zijde: 110 kg/m x 110 m x 2 = 24.000 kg

Korte zijde: 75 kg/m x 80 m x 2 = 12.000 kg

Totaal: = 36.000 kg

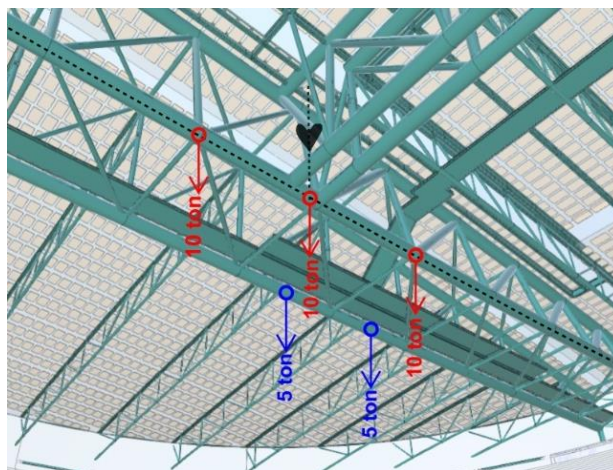
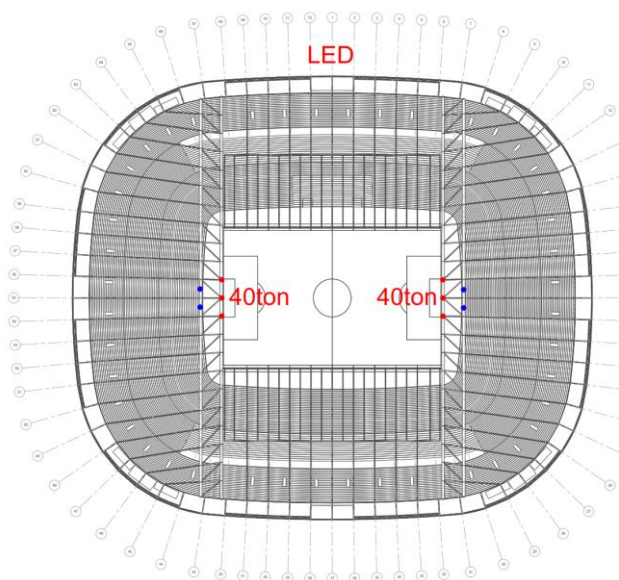


Figuur 6-3 Belasting geluid incl. verlichting

LED scherm:

Belasting voor permanente ophanging LED schermen per zijde 60 ton LED scherm voorzijde + 20 ton LED scherm achterzijde.

Hoofdscherm:	3000 kg x 2	=	60.000 kg
Back screen:	1000 kg/m x 2	=	<u>20.000 kg</u>
Totaal:		=	80.000 kg



Figuur 6-4 Belasting LED Scherm

6.1.6 Rustende belasting vloeren

In onderstaande tabel wordt weergegeven welke rustende belasting voor verschillende vloeren gerekend wordt.

B01 – Keldervloer

Afwerklaag 70mm	1,40 kN/m ²
<u>Lichte scheidingswanden</u>	<u>1,20 kN/m²</u>
Totaal	2,60 kN/m ²

L00 – Begane grond (boven kruipruimte)

Afwerklaag 70mm	1,40 kN/m ²
<u>Lichte scheidingswanden</u>	<u>1,20 kN/m²</u>
Totaal	2,60 kN/m ²

L00 – Begane grond (boven kelders)

Afwerklaag 70 mm	1,40 kN/m ²
Lichte scheidingswanden	1,20 kN/m ²
<u>Plafond/leidingen</u>	<u>0,50 kN/m²</u>
Totaal	3,10 kN/m ²

L01 – Eerste verdieping (parkeren)

Plafond – leidingen	0,50 kN/m ²
---------------------	------------------------

L01 – Eerste verdieping (toiletten)

Afwerklaag 50mm	1,00 kN/m ²
<u>Plafond/leidingen</u>	<u>0,50 kN/m²</u>
Totaal	1,50 kN/m ²

L02 Internal concourse + external concourse (excl. Spooroverbouwing)

Afwerklaag 600mm	7,00 kN/m ²
<u>Plafond/leidingen</u>	<u>0,50 kN/m²</u>
Totaal	7,50 kN/m ²

L02 External concourse (spooroverbouwing standaard, hoge veranderlijke belasting)

Afwerklaag 600mm	7,50 kN/m
------------------	-----------

L02 External concourse (spooroverbouwing, lage veranderlijke belasting)

Afwerklaag + beplanting	9,00 kN/m ²
-------------------------	------------------------

L03 t/m L07

Afwerklaag 70mm	1,40 kN/m ²
<u>Plafonds/leidingen</u>	<u>0,50 kN/m²</u>
Totaal	1,90 kN/m ²

Eigen gewicht prefab tribune-elementen 5,00 kN/m²

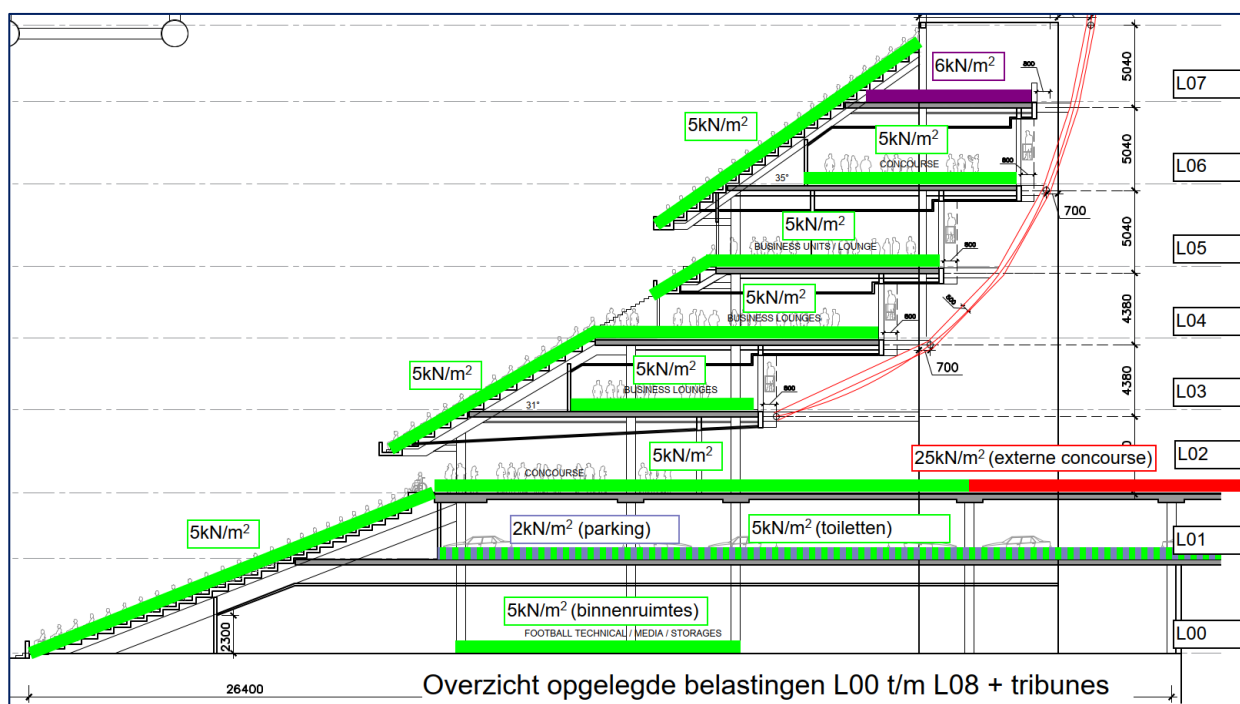
6.2 Veranderlijke belastingen

De veranderlijke belastingen worden bepaald volgens NEN-EN 1991.

6.2.1 Belastingen door personen, meubilair en opslag

De belasting wordt bepaald volgens NEN-EN 1991-1-1 artikel 6.3.1 en 6.3.2.

De bepaling van de belastingen per onderdeel is onderstaand beschreven en weergegeven in Figuur 6-5. Eveneens zijn deze veranderlijke belastingen aangegeven op de constructieve plattegronden.



Figuur 6-5 Overzicht opgelegde belastingen L00 t/m L08 en tribunes.

Vloeren stadion en tribunes

Functie		bijeenkomst / grote mensenmassa's
Klasse		C5 (tabel 6.1/6.3)
Gelijkmatig verdeelde belasting	q_k	5,0 kN/m ² (NB tabel 6.2/6.4)
Geconcentreerde belasting	Q_k	7,0 kN (NB tabel 6.2/6.4)
Verplaatsbare scheidingswanden	q_k	1,2 kN/m ² (art. 6.3.1.2(8))

Ter plaatse van de tribunes dient er gerekend te worden met een verdeelde horizontale belasting gelijk aan 10% van de neerwaarts gerichte verticale belasting, overeenkomstig NEN-6702:2007 art. 8.2.2.1:

Bij tribunes moet bovendien rekening zijn gehouden met een veranderlijke gelijkmatig verdeelde horizontale belasting gelijk aan 10 % van de neerwaarts gerichte verticale belasting en met een veranderlijke gelijkmatig verdeelde opwaartse belasting gelijk aan 50 % van de neerwaarts gerichte verticale belasting. Deze belastingen kunnen optreden als gevolg van de bewegende mensenmassa. De neerwaartse en opwaartse veranderlijke belasting moeten afzonderlijk als extreme veranderlijke belasting worden beschouwd.

6.2.2 Horizontale belastingen door personen

Horizontale belasting op borstweringen volgens NEN EN 1991-1-1 art 6.4 &NB:

Zone a: 3 kN/m^1 of 1 kN .

Glazen borstweringen dienen voorzien te zijn van gelaagd glas waarbij in geval van bezwijken (bij calamiteit) van één paneel de belastingen opgenomen moeten kunnen worden.

6.2.3 Onderhoudsbelasting dakvlak

Het dakvlak wordt berekend ten behoeve van inspectie en onderhoud op een minimale belasting volgens klasse H van de norm:

Klasse		H (tabel 6.9)
Gelijkmatig verdeelde belasting*	q_k	$1,0 \text{ kN/m}^2$ (NB tabel 6.10)
Geconcentreerde belasting**	Q_k	$1,5 \text{ kN}$ (NB tabel 6.10)

* De belasting q_k werkt op een oppervlakte A van 10 m^2 .

** Werkend op een oppervlakte van $0,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$.

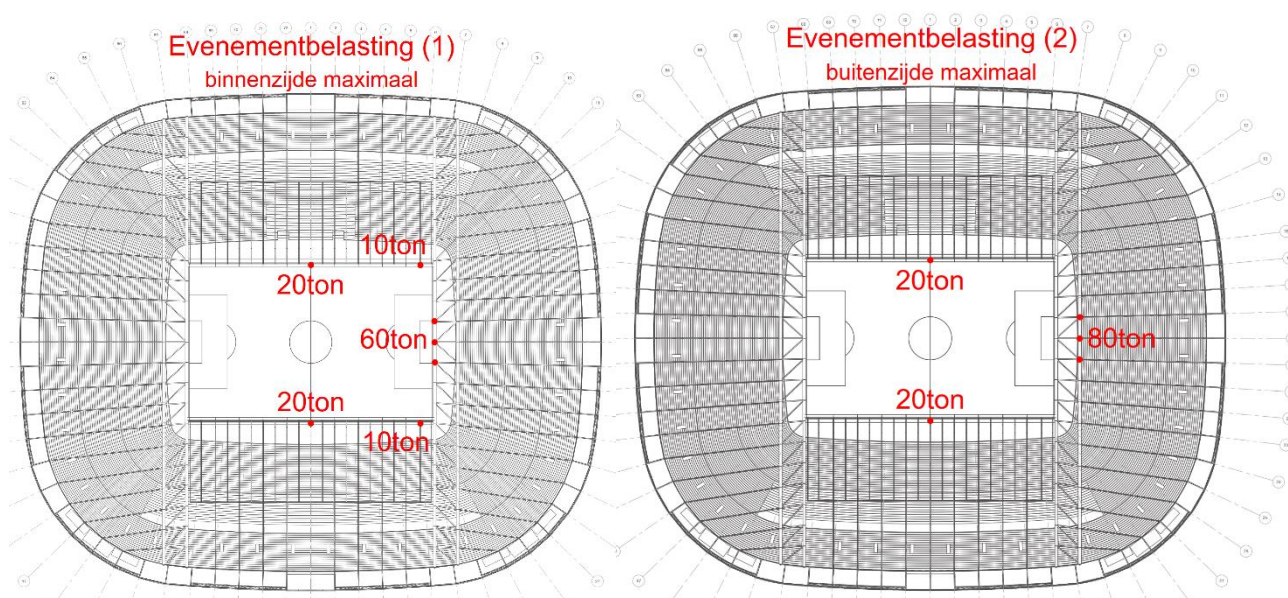
6.2.4 Evenementenbelastingen dakvlak

Conform het programma van eisen geldt een totale evenementen-belasting (voor bijv. concerten) van 120 ton ($120.000 \text{ kg} = 1200 \text{ kN}$). Dit is exclusief de standaard permanente voorzieningen zoals licht, geluid, schermen (zie hoofdstuk permanente belastingen). De belastingen wordt als volgt aangebracht op de dakconstructie:

Evenementbelasting:

Tijdelijke belastingen voor evenementen (concerten) van totaal 120 ton. Twee maatgevende situaties worden in het belastingschema doorgerekend (zie Figuur 6-6). Voor afwijkende evenementbelastingen dienen de mogelijkheden per situatie doorgerekend te worden.

Situatie (1) Binnenzijde maintruss boven podium:	$3 \times 20 \text{ ton} =$	60.000 kg
Midden secundair spant lange zijde:	$2 \times 20 \text{ ton} =$	40.000 kg
Einde secundair spant lange zijde:	$2 \times 10 \text{ ton} =$	<u>20.000 kg</u>
Totaal:		120.000 kg
Situatie (2) Buitenzijde maintruss boven podium:	$3 \times 1/3 \times 80 \text{ ton} =$	80.000 kg
Midden secundair spant lange zijde:	$2 \times 20 \text{ ton} =$	<u>40.000 kg</u>
Totaal:		120.000 kg

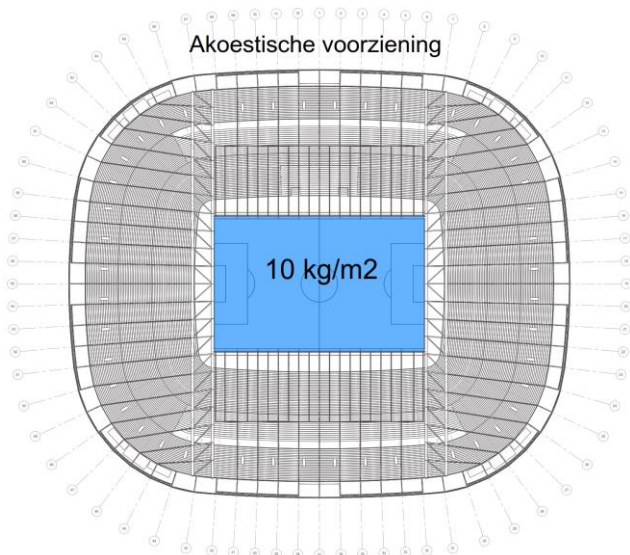


Figuur 6-6 Evenementbelasting

Akoestische voorzieningen:

Belasting voor akoestische voorzieningen tijdens evenementen à 10 kg/m² ter plaatse van het schuifdak. Deze voorziening is tevens lichtwering. Lichtwering voor het overige dakvlak à 1 kg/m² valt onder de marge in uitgangspunten en relatief kortstondige aanwezigheid (seizoenseffect).

Totaal 10 kg/m² x ca. 9.000 m² = ca. **90.000 kg**



Figuur 6-7 Belasting akoestische voorzieningen

6.2.5 Evenementenbelastingen veld

Conform het programma van eisen dient het speelveld de mogelijkheid te bieden om niet-voetbal evenementen op een andere ondergrond dan natuurgras te accommoderen. Op deze ondergrond dient een grote belasting te kunnen worden geplaatst. In het Programma van Eisen is aangegeven dat het stadion dient te voorzien in een beschikbare vloerbelasting t.b.v. podia van 1000kg/m², met beschikbare puntbelastingen van 80 ton [EIS-02839].

In de DO-fase dient één en ander nader te worden bestudeerd. Vooralsnog wordt het volgende gesteld: Het speelveld ligt in de 'volle grond' en niet op constructieve elementen. Daarmee wordt het risico op een overbelaste constructie weggenomen. Voor wat betreft grote podia geldt dat dergelijke tijdelijke constructies heel goed met behulp van spreidingsmiddelen (stalen balken, Stelcon platen) zonder aanvullende fundering kunnen worden geplaatst.

Belangrijker is de tolerantie van het speelveld ten opzichte van tijdelijke bovenbelasting en afdekking door beloopbaar materiaal. Dit zal in overleg met opdrachtgever en een specialist op dat gebied nader moeten worden bepaald.

6.2.6 Belastingen voor garages en voertuigverkeersruimten

De belasting wordt bepaald volgens NEN-EN 1991-1-1 art. 6.3.3.

Parkeergarage (level 01)

Klasse verkeersruimte		F (tabel 6.7)
Asbelasting	Q_k	10 kN (NB tabel 6.8)
Gelijkmatig verdeelde belasting	q_k	2 kN/m ² (NB tabel 6.8)
Asbreedte	a	1,8 m (figuur 6.2)
Wieloppervlak		0,1/0,1 m
Horizontale belasting	$Q_{h,k}$	10 kN

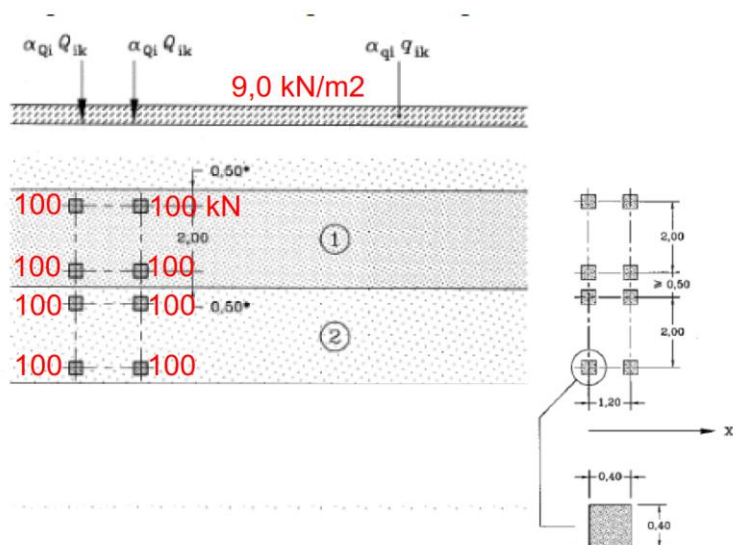
Concourse (level 02)

Klasse verkeersruimte		G (tabel 6.7)
Asbelasting	Q_k	40 kN (NB tabel 6.8)
Gelijkmatig verdeelde belasting	q_k	25 kN/m ² *
Asbreedte	a	1,8 m (figuur 6.2)
Wieloppervlak		0,2/0,2 m
Horizontale belasting	$Q_{h,k}$	10 kN

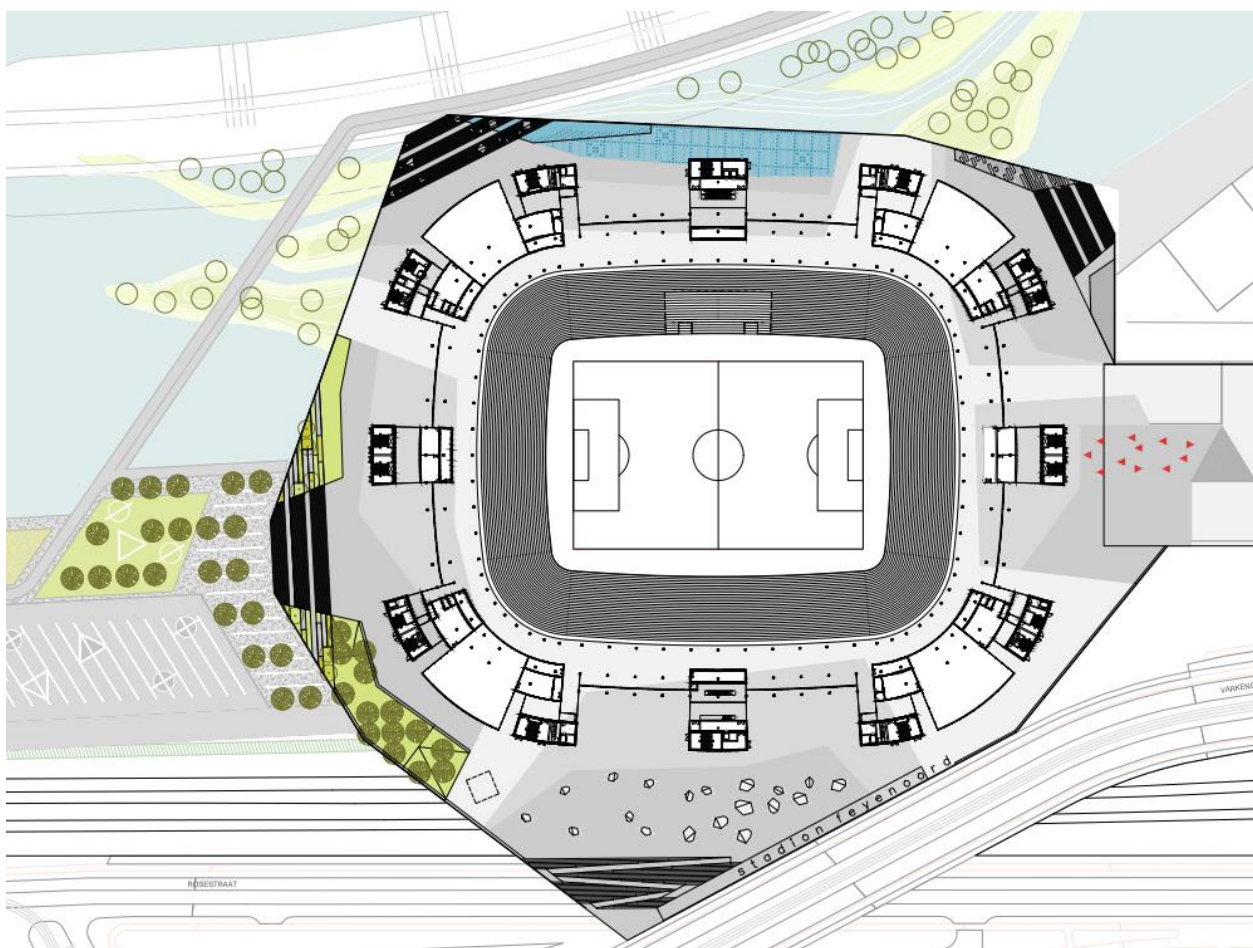
*) Voor de inrichting van de concourse is een landschapsontwerp gemaakt door LOLA Landscape Architects. De inrichting bestaat onder andere uit groenzones, horeca met terrassen en waterornamenten. Om de inrichting flexibel te houden en om de mogelijkheid open te houden dat zwaar vrachtverkeer, tankwagens van de brandweer en waterwerpers op de concourse kunnen rijden wordt in het ontwerp rekening gehouden met een veranderlijke belasting van 25 kN/m².

Enkel ter plaatse van de driehoekige uiteinden van de spooroverbouw en voor het gebied binnen de kernen is de veranderlijke belasting gelimiteerd tot 5 kN/m² (zie Figuur 6-10). Hier zijn géén vrachtwagens, brandweerwagens of waterwerpers mogelijk. Politiewagens en ambulance is hier wel mogelijk.

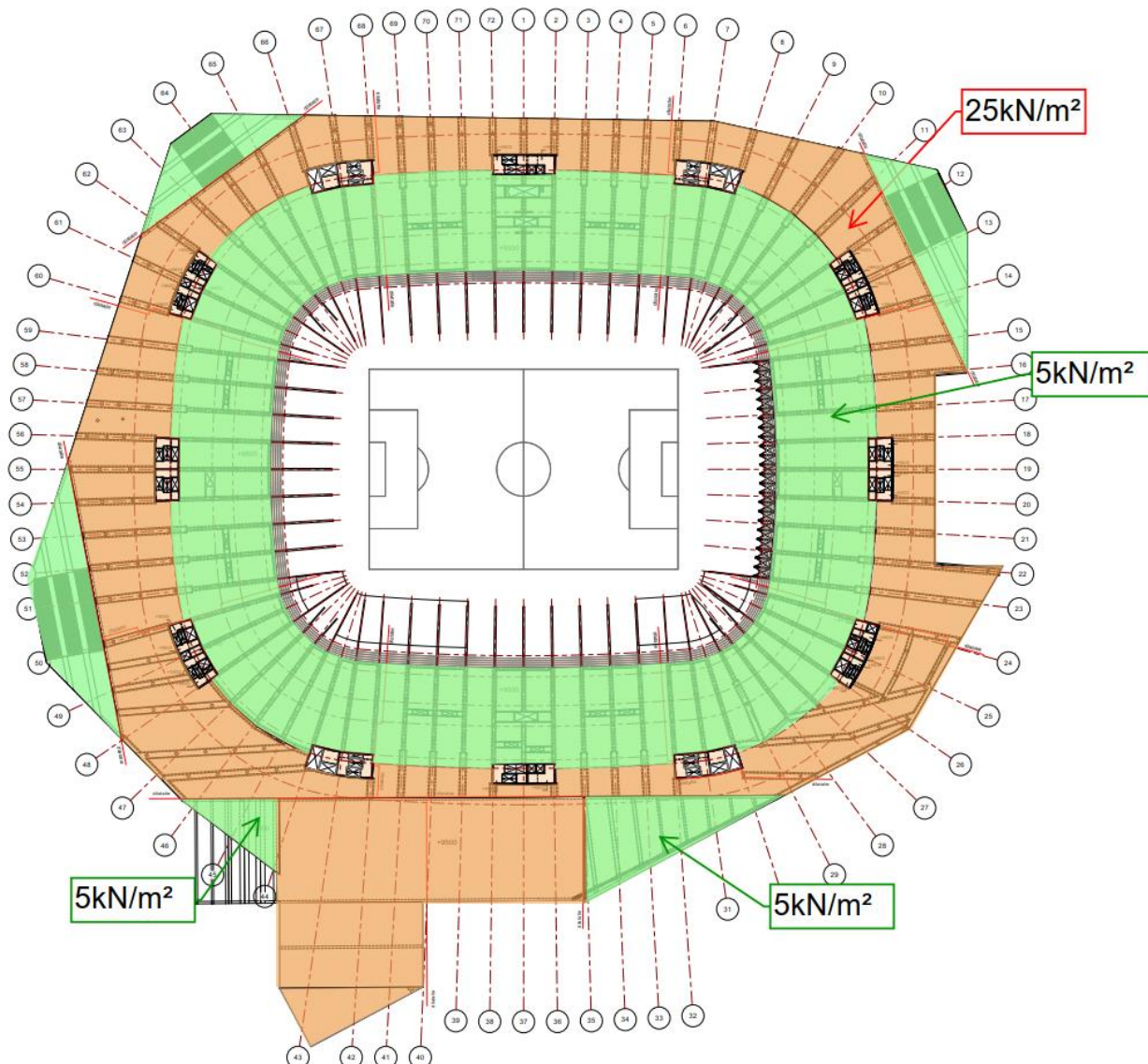
Voor lokale effecten wordt gerekend met de aslasten van twee tankwagens die naast elkaar geparkeerd staan. Zie Figuur 6-8.



Figuur 6-8 Aslasten op naastgelegen rijstroken



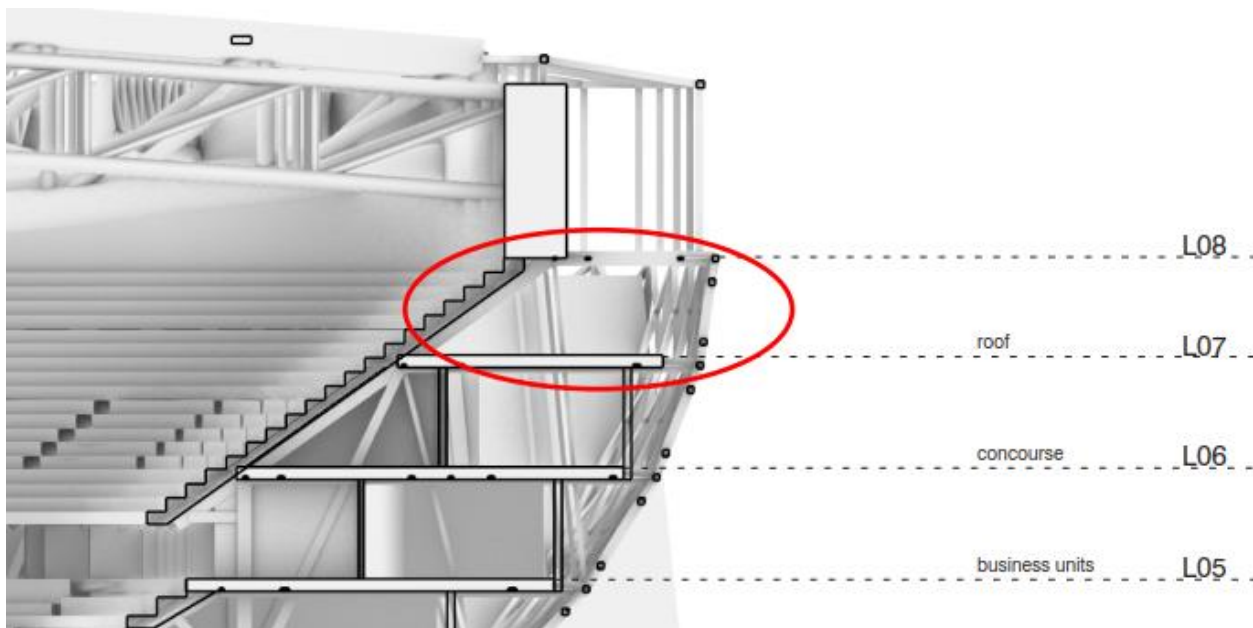
Figuur 6-9 Concourse ontwerp LOLA - non-match day



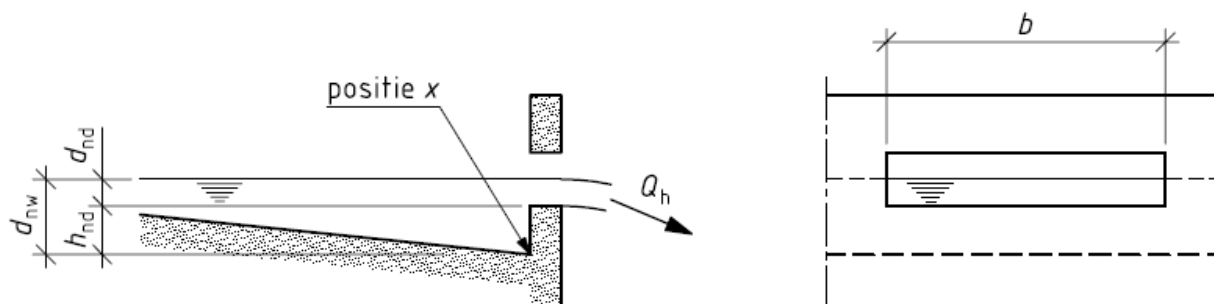
Figuur 6-10 Beperking veranderlijke belasting van de 'driehoeken' ter plaatse van de spooroverbouw en tussen de kernen

6.2.7 Belastingen door regenwater

Vanwege de licht gebogen vorm van het dak, zal er geen sprake zijn van wateraccumulatie. Afhankelijk van de uiteindelijke detaillering van het dak en de gevel zal er mogelijk ter plaatse van het horizontale dak op level 07 wel rekening gehouden te worden met wateraccumulatie. Hierbij dient de belasting bepaald te worden bepaald volgens NEN-EN 1991-1-3 NB artikel 7.2 ten behoeve van het bepalen van noodoverstorten en waterhoogte. Dit dient in een latere fase verder uitgewerkt te worden.



Figuur 6-11: Dak level 07 met mogelijk aandachtspunt voor noodoverstorten



Figuur 6-12: Principe van noodoverstorten

6.2.8 Belastingen door sneeuw

De belasting wordt bepaald volgens NEN-EN 1991-1-3.

Kar. sneeuwbelasting op de grond	S_k	0,7 kN/m ² (NB: art. 4.1)
Sneeuwbelastingsvormcoëfficiënt	μ_i	0,8 (art. 5.3)
Blootstellingscoëfficiënt	C_e	1,0 (NB: art. 5.2)
Warmtecoëfficiënt	C_t	1,0 (NB: art. 5.2)
Sneeuwbelasting op daken	$s = \mu_i C_e C_t S_k$	= 0,56 kN/m ²

Langs het schuifbare dakdeel kunnen zich sneeuwophopingen voordoen. Voor de hoofdcomponenten (vakwerken T1, T2, T3A/B) is het effect van deze verhoging verwaarloosbaar en niet verdisconteerd in de berekeningen. Voor de nadere uitwerking van bijvoorbeeld de dakafwerking kan deze lokale verhoging wel relevant zijn en dient in rekening te worden gebracht.

6.2.9 Belastingen door wind

Zie Annex A1 'Interpretatie windtunnel onderzoek Stadion Feyenoord' voor het bepalen van de waarden van de stuwdruk aan de hand van de norm (NEN-EN 1991-1-4) en het windtunnelonderzoek.

Onderstaand zijn de conclusies weergegeven:

Gebouwafmetingen	lengte	270 m
	breedte	230 m
	hoogte	57 m (b.k. dakafwerking incl. PV-panelen)
Gebied t.b.v. bepalen stuwdruk		II onbebouwd
Dominante zijde aanwezig		Nee (art. 7.2.9(4))
Extreme waarde stuwdruk	$q_p(Z_e)$	1,43 kN/m ² (NB.4)
Orografiefactor (invloed bergen/dalen)	C_0	1,0 (art. 4.3.2) gem. helling < 3° (anders bepaald met art. 4.3.3 + bijlage A.3)
Bouwwerkfactor	C_{sCd}	1,0 (art. 6.2 t/m 6.3)
Wrijvingscoëfficiënt	C_{fr}	0,01 (tabel 7.10)

6.2.9.1 Belastingen onderbouw:

Voor de windbelastingen op de onderbouw is uitgegaan van NEN 1991-1-4/+NB artikel 7.2.2:

Loefzijde, winddruk	$C_{p;10} = +0,80$ (zone D) → $p_{w;rep} = 1,14$ kN/m ²
Lijzijde, windzuiging	$C_{p;10} = -0,50$ (zone E) → $p_{w;rep} = -0,72$ kN/m ²
Dwars op windrichting	$C_{p;10} = -0,80$ (zone B) → $p_{w;rep} = -1,14$ kN/m ²
	$C_{p;10} = -0,50$ (zone C) → $p_{w;rep} = -0,72$ kN/m ²

Omdat het gebouw geen scherpe hoeken kent, is voor bepaling van de globale drukken niet uitgegaan van het lokaal hogere drukgebied A.

6.2.9.2 Belastingen kapconstructie:

Resulterende windbelasting voor de berekeningen van de hoofdspanten (T1, T2, T3 en T4), zie verder ook annex A1:

Zone:	Neerwaarts (druk & onderdruk)		Opwaarts (zuiging & overdruk)	
	$p(C_{p;10}) + p(C_{pi})$ (kN/m ²)	$p_{w;rep}$ (kN/m ²)	$p(C_{p;10}) + p(C_{pi})$ (kN/m ²)	$p_{w;rep}$ (kN/m ²)
A	0,20 + 0,30	+0,50	-0,72 + -0,20	-0,92

6.2.10 Belastingen door temperatuurverschillen

De belasting wordt bepaald volgens NEN-EN 1991-1-5.

Aanvangstemperatuur	T_o	10 °C (tenzij nader vastgesteld)
Temperatuur binnen omgeving	T_{in}	17 °C
Max. luchttemperatuur schaduw	T_{max}	30 °C
Min. luchttemperatuur schaduw	T_{min}	-25 °C
Directe zonbestraling	T_{out}	50 °C (heldere licht) 60 °C (licht gekleurd) 75 °C (donker)
Temperatuur ondergrondse delen	T_{out}	10 °C

6.3 Bijzondere belastingen

De bijzondere belastingen worden bepaald volgens NEN-EN 1991-1-7. Buitengewone ontwerpsituaties mogen op de volgende manier zijn beschouwd:

- CC3: een onderzoek naar het specifieke geval behoort te zijn uitgevoerd om het vereiste betrouwbaarheidsniveau en de diepgang van de constructieve berekeningen te bepalen. Hierdoor kan het noodzakelijk zijn dat een risicoanalyse is uitgevoerd en dat gebruik is gemaakt van verfijnde methoden zoals dynamische berekening, niet-lineaire modellen en wisselwerking tussen de belasting en de constructie.

Zie hiervoor ook hoofdstuk 5.6.

6.3.1 Belastingen door brand

De belasting wordt bepaald volgens NEN-EN 1991-1-2.

6.3.2 Belastingen door aanrijding met voertuigen

De belasting wordt bepaald volgens NEN-EN 1991-1-7 artikel 4. Onderscheid wordt gemaakt tussen level 01 welke enkel toegankelijk is voor auto's en level 00 welke toegankelijk is voor vrachtwagens en bussen.

Verkeerscategorie		F_{dx}^a kN	F_{dy}^a kN	d_b m
Binnenplaatsen en parkeergarages met toegang voor:	auto's (L01)	100	50	4
	vrachtwagens (> 3,5 ton) (L00)	200	100	5

^a x = normale rijrichting, y = loodrecht op de normale rijrichting.

6.3.3 Belastingen door ontsporen van spoorwegverkeer

De belasting wordt bepaald volgens NEN-EN 1991-1-7 artikel 4.5.

Tabel 4.3 - Klassen van constructies onderhevig aan stootbelastingen door ontspoord spoorwegverkeer

Klasse A	Constructies over of nabij de in gebruik zijnde spoorlijn die hetzij permanent worden bewoond of dienen als een tijdelijke verzamelplaats voor mensen, hetzij bestaan uit meer dan één verdieping.
----------	--

Tabel 4.4 - Indicatieve rekenwaarden van statisch equivalente krachten ten gevolge van stootbelastingen voor constructies van klasse A over of langs spoorlijnen

Afstand d vanaf constructieve elementen tot de hartlijn van het dichtstbij gelegen spoor (m)	Kracht F_{dx}^a (kN)	Kracht F_{dy}^a (kN)
x = richting van het spoor; y = loodrecht op de richting van het spoor.		
Constructieve elementen: $d < 3$ m	Voor te schrijven per project. Meer informatie is opgenomen in bijlage B	Voor te schrijven per project. Meer informatie is opgenomen in bijlage B
Voor doorgaande wanden en wandconstructies: $3 \text{ m} = d = 5 \text{ m}$	4 000	1 500
$d > 5 \text{ m}$	0	0

6.3.4 Belastingen veroorzaakt door scheepvaartverkeer

De nieuw aan te brengen langsdam beschermt het stadion tegen aanvaringen. Belastingen veroorzaakt door scheepvaartverkeer zijn voor het stadion dan ook niet van toepassing.

6.3.5 Belastingen door explosies

De ontploffingen in bouwwerken volgens NEN-EN 1991-1-7 artikel 5.

Er wordt met specifieke scenario's rekening gehouden volgend uit de risicoanalyse ("BF7186IBRP1904121158" d.d. 12 april 2019). De maatregelen ten aanzien van deze analyse worden geconcretiseerd door de in de Stufib aangegeven maatregelen waarbij voorzien wordt in alternatieve krachtsafdracht (2^e draagweg).

Zie verder rapport I&B BF3499_R027 "Robuust ontwerpen en tweede draagweg".

6.3.6 Belasting op primaire waterkering bij extreem hoog water

De wand langs het spoor is naast een ondersteuning voor het concours ook onderdeel van de primaire waterkering. Bij extreem hoogwater zal het maaiveld rondom het stadion overstromen en zal er een belasting uit waterdruk op deze wand optreden.

Vanuit het ontwerp van de waterkering is een conservatieve belasting op de boven- en onderrand opgegeven van 100 kN/m'. Deze belasting wordt in deze fase meegenomen als bijzondere belasting op de constructie. Dit kan in een volgende fase als het ontwerp van de waterkering verder uitgewerkt is nog geoptimaliseerd worden.

6.3.7 Belastingen op fundering ten gevolge van incident transportleiding Evides

In het geval van een incident met één van de twee drinkwater transportleidingen van Evides die onder het stadion lopen kan een erosiekrater ontstaan. Deze krater zorgt ervoor dat een deel van de fundering niet meer horizontaal gesteund wordt.

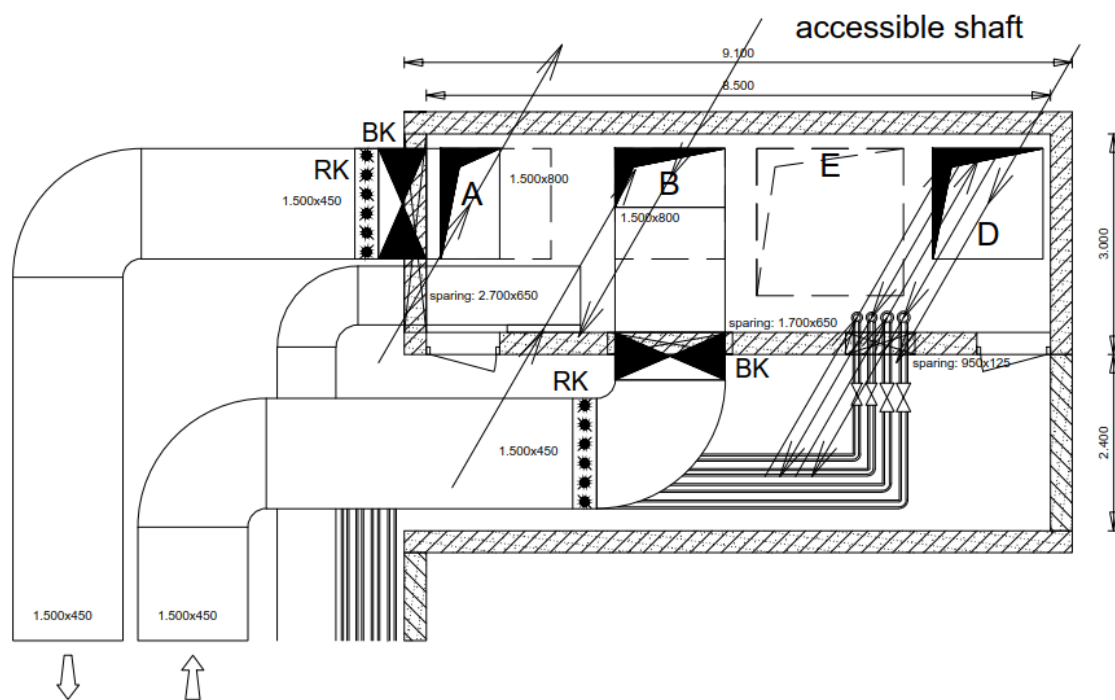
In de gebruiksfase moet de fundering al berekend worden op de situatie waarin de leidingen vrijgegraven worden en de gronddruk aan één zijde op de funderingsbalken ontbreekt. Het restrisico is dat de krater dieper is dan de funderingsbalken en de palen vrij komen te staan wat kan leiden tot knikinstabiliteit.

In een volgende fase zal de afmeting van deze krater bepaald worden om zo het invloedsgebied en de diepte te bepalen. Bij de detailuitwerking van de constructie dient hier rekening mee gehouden te worden.

7.2 Uittrede leidingschachten

In overleg met de installatie adviseur is een voorstel gemaakt voor de uittrede van de leidingen uit de installatieschachten (zie onderstaande afbeelding).

Uitgangspunt hierbij is dat conform 7.1 bij een sparingsbreedte van 2,4m de hoogte van de latei die overblijft na aftrekken van de sparingshoogte minimaal 1350mm hoog is.



Figuur 7-1 Voorstel installatie-adviseur uittrede leidingschachten

8 Aandachtspunten volgende fase

Ten aanzien van de uitgangspunten voor de volgende fase verdienen de volgende punten specifieke aandacht:

- In een latere fase zal door DGMR de temperatuurontwikkeling ter plaatse van de dakconstructie onderzocht worden in geval van brand.
- Optimalisatie van de belasting vanuit waterdruk op de boven- en onderrand van de wand langs het spoor, welke onderdeel is van de primaire waterkering.
- De paragraaf Geotechniek moet nader worden verfijnd aan de hand van aanvullend bodemonderzoek wat nu fysiek nog niet kan worden uitgevoerd. Dit levert mogelijk aanpassingen in het huidige funderingsontwerp waarbij dat zowel positief als negatief kan uitpakken;
- Er is globaal gerekend op zettingen van de diepe ondergrond waaruit volgt dat de zwaarbelaste kernen op een wat hoger aanvangspeil moeten worden gebouwd. Dit zijn overzichtelijk ingrepen echter moet in acht worden genomen (en nader uitgewerkt) de tijdelijk situatie waarbij er bouwdelen op een wat hoger (ca. 40 mm) aanvangspeil moeten aansluiten op bouwdelen waar geen maatregelen nodig zijn;
- Alhoewel het overall dynamische gedrag van de tribunes, zeker met toepassen van viskeuze dempers, tot een acceptabel ontwerp leidt, moet er bij de detaillering van (staal) constructie voldoende aandacht en mogelijk materiaal zijn om de optredende spanningen in het licht van vermoeiing voldoende laag te houden.

A1 Memo interpretatie windbelastingen

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Industry & Buildings

Aan: Team
Van: H.G. ()
Datum: 20 april 2020
Kopie:
Ons kenmerk: BF3499IBNT2004201445
Classificatie: Projectgerelateerd
Gecontroleerd door: J. Luttmer

Onderwerp: Interpretatie windtunnelonderzoek Stadion Feyenoord

Inleiding

Voor het ontwerp van het nieuwe stadion voor Feyenoord is windtunnelonderzoek uitgevoerd door RWDI, teneinde de (wind-)belasting op – met name – de dakconstructie nauwkeurig te bepalen. In deze memo worden de resultaten van het windtunnelonderzoek geïnterpreteerd en worden verbanden gelegd met de van toepassing zijnde normen.

Referenties

- | | | | |
|-----|---------------------|--|---------------|
| [1] | NEN-EN 1991-1-4/+NB | Windbelasting | |
| [2] | CUR-Aanbeveling 103 | Windtunnelonderzoek | 2005 |
| [3] | CUR-Rapport 2005-3 | Achtergrondrapport bij CUR-Aanbeveling 103 | 2005 |
| [4] | RWDI #1902583 | Feyenoord stadion: wind-induced structural responses | 18 sept. 2019 |
| [5] | RWDI #1902583 | Feyenoord stadion: cladding wind load study | 16 sept. 2019 |

Windbelasting cf. NEN-EN 1991-1-4/+NB

Basiswaarde van de winddruk conform NEN-EN 1991-1-4/+NB:

- Extreme waarde stuwdruk: $q_p(Z_e) = 1,43 \text{ kN/m}^2$ (zie I&B BF3499_R021)

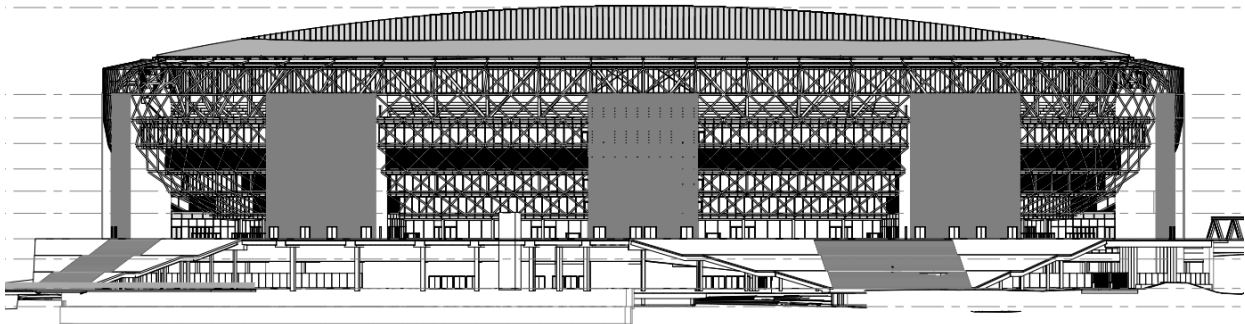
NEN-EN 1991-1-4/+NB geeft voor een aantal standaard gebouwwormen winddruk coëfficiënten. Deze coëfficiënten zijn bedoeld om een groot aantal situaties af te dekken (ook voor gebouwwormen die licht afwijken van de standaardvormen) en zijn in dit opzicht conservatief bepaald.

Figuur 1 en Figuur 2 tonen de aanzichten van het stadion. De vorm van het nieuwe Feyenoord stadion sluit op geen van de standaard vormen uit NEN-EN 1991-1-4/+NB adequaat aan. Als 'best' fit zou kunnen worden uitgegaan van:

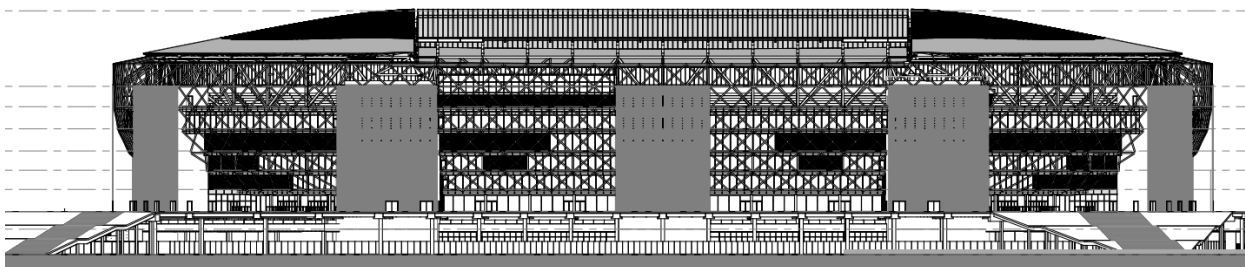
- gevelcoëfficiënten: artikel 7.2.2: *Verticale gevels van gebouwen met een rechthoekige plattegrond*
- dakcoëfficiënten: artikel 7.2.8: *Gekromde daken en koepels*

De toepassing van deze artikelen kent de volgende bezwaren:

- artikel 7.2.2.: het stadion heeft geen rechthoekige plattegrond en kent een naar buiten getrapte gevel (binnen het diagrid dat 'de bowl' vormt);
- artikel 7.2.8.: voor de gesloten toestand van het dak kan dit artikel worden toegepast, voor de geopende toestand van het dak sluit dit artikel echter niet goed aan. Eventueel zou voor de geopende toestand uitgegaan worden van artikel 7.2 *Open overkappingen*, maar van een 'open overkapping' is in dit geval geen sprake en normartikel 7.2 sluit niet aan bij de daadwerkelijke geometrie.



Figuur 1: Gevelaanzicht korte zijde stadion



Figuur 2: Gevelaanzicht lange zijde stadion

Belasting onderbouw

Voor de onderbouw heeft de grootte van de windbelasting een beperkte invloed op het constructieve ontwerp: de afdracht van relatief hoge verticale belastingen is daarvoor meer bepalend. Voor de onderbouw is daarom uitgegaan van NEN 1991-1-4/+NB artikel 7.2.2, en is het windtunnelonderzoek [4] enkel ter verificatie gebruikt.

Uitgegaan is dus van de volgende globale drukcoëfficiënten ($e = 2 \cdot h = 110 \text{ m} < d$):

- loefzijde, winddruk: $C_{p;10} = +0,80$ (zone D) $\rightarrow p_{w;rep} = 1,14 \text{ kN/m}^2$
- lijzijde, windzuiging: $C_{p;10} = -0,50$ (zone E) $\rightarrow p_{w;rep} = -0,72 \text{ kN/m}^2$
- Dwars op windrichting: $C_{p;10} = -0,80$ (zone B) $\rightarrow p_{w;rep} = -1,14 \text{ kN/m}^2$
 $C_{p;10} = -0,50$ (zone C) $\rightarrow p_{w;rep} = -0,72 \text{ kN/m}^2$

Omdat het gebouw geen scherpe hoeken kent, is voor bepaling van de globale drukken niet uitgegaan van het lokaal hogere drukgebied A.

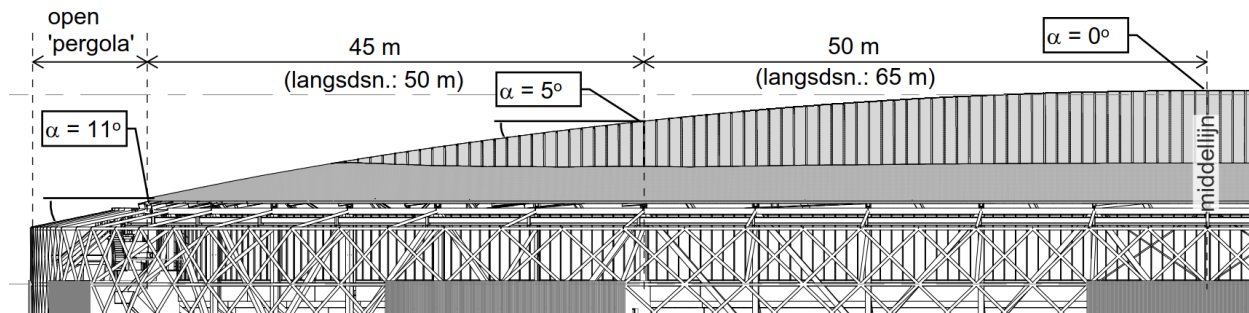
Er is geen gebruik gemaakt van de toegestane reductiefactor 0,85 welke in rekening gebracht mag worden voor het gebrek aan correlatie tussen de belasting aan loef- en lijzijde.

Uit het windtunnelonderzoek [4] volgt dat op geen van de meetpunten op de gevels hogere drukken gemeten zijn dan $+0,77 \text{ kN/m}^2$ ($C_{p;10} = +0,54$) en geen hogere negatieve druk (zuiging) dan $-0,66 \text{ kN/m}^2$ ($C_{p;10} = +0,46$). Hieruit kan worden geconcludeerd dat de resultaten van het windtunnelonderzoek niet maatgevend zijn ten opzichte van de (aangehouden) normbelastingen.

Belasting kapconstructie

Voor de kapconstructie heeft de grootte van de windbelasting een grotere impact op het constructief ontwerp. Bovendien kan voor de situatie met geopend dak niet teruggevallen worden op de norm. Daarbij moet wel worden opgemerkt, dat de situatie met geopend dak minder maatgevend is voor het ontwerp (dit aspect is gerelateerd aan de constructieve configuratie, met een opbouw van statisch bepaalde liggers die het stadion in één keer overspannen). Voor de situatie met gesloten dak, kunnen de druk coëfficiënten bepaald worden op basis van NEN-EN 1991-1-4/+NB, art. 7.2.8.

Daarbij zijn de hoeken die het dak maakt met het horizontale vlak van belang. Voor de huidige dakconfiguratie variëren deze hoeken van 0 graden maximaal 11 graden langs de dakrand: zie Figuur 3.



Figuur 3: dakhellingen

Figuur 7.11 uit NEN-EN 1991-1-4 geeft de drukcoëfficiënten voor gekromde daken. Daarbij geldt:

- Dwarsrichting: $f/d = 10,0/190,0 = 0,052$; $h/d = 45,0/190 = 0,24$
- Langsrichting: $f/d = 10,0/230 = 0,043$; $h/d = 45,0/230 = 0,20$

Voor beide richtingen is praktisch aangehouden: $f/d = 0,050$ en $h/d = 0,25$.

Voor de zones A t/m D volgt voor de winddruk coëfficiënten (voor zone A is geïnterpoleerd):

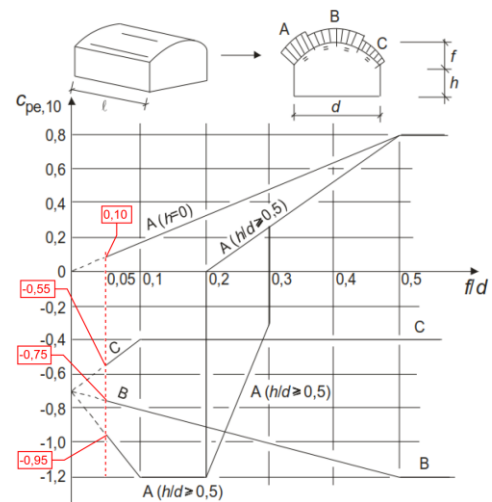
- Zone A: $C_{p,10} = -0,43$; $p_{w,rep} = -0,62 \text{ kN/m}^2$
- Zone B: $C_{p,10} = -0,75$; $p_{w,rep} = -1,07 \text{ kN/m}^2$
- Zone C: $C_{p,10} = -0,55$; $p_{w,rep} = -0,79 \text{ kN/m}^2$

De lengte van elke zone bedraagt:

- Dwarsrichting: $L_A = L_B = L_C = 64 \text{ m}$
- Langsrichting: $L_A = L_C = 40 \text{ m}$
 $L_B = 150 \text{ m}$

Hierbij is rekening gehouden met het vlakke dakdeel ter plaatse van het schuifdak.

Toepassing van Figuur 7.12 geeft lagere waarden.



Figuur 4: Figuur 7.11 NEN-En 1991-1-4

Uit het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat er géén neerwaarts gerichte drukken optreden en dat de gemiddelde coëfficiënt voor windzuiging ca. $C_{p,10;mean} = -0,58$ bedraagt.

De volgende coëfficiënten kunnen worden aangehouden voor inwendige druk (overdruk en onderdruk) – zie NEN-EN 1991-1-4 art. 7.2.9.

- overdruk: $C_{pi} = +0,20$;
- onderdruk: $C_{pi} = -0,30$.

Dit geeft de volgende resulterende effectieve winddrukken (uitwendige en inwendige druk):

Zone:	Neerwaarts (druk & onderdruk)		Opwaarts (zuiging & overdruk)	
	$C_{p,10} + C_{pi}$	$p_{w,rep} \text{ (kN/m}^2\text{)}$	$C_{p,10} + C_{pi}$	$p_{w,rep} \text{ (kN/m}^2\text{)}$
A	+0,30	+0,43	-0,63	-0,90
B	+0,30	+0,43	-0,95	-1,36
C	+0,30	+0,43	-0,75	-1,07

Windtunnelonderzoek

Conform NEN-EN 1991-1-4/+NB art. 1.5 (NB) en CUR-Aanbeveling 103 (inleiding, hoofdstuk 2) wordt windtunnelonderzoek aanbevolen voor situaties die niet goed bij de normen aansluiten (hetgeen ook is toegestaan indien de belastingen volgens uit windtunnel onderzoek gunstiger zijn dan volgend uit een norminterpretatie).

De resultaten van het windtunnelonderzoek zijn vastgelegd in [4]. Het onderzoek is uitgevoerd in lijn met CUR-Aanbeveling 103, waarbij de volgende 4 situaties zijn onderzocht:

- 1) gesloten dak, volledige hoogte omringende (toekomstige) bebouwing (Masterplan FC met omringende hoogbouw is daarbij als uitgangspunt genomen: zie [4]);
- 2) gesloten dak, met afsnijding omringende bebouwing tot op 15 m hoogte;
- 3) geopend dak, volledige hoogte omringende (toekomstige) bebouwing;
- 4) geopend dak, met afsnijding omringende bebouwing tot op 15 m hoogte.

Omdat de output een omvangrijk data-file betreft voor een groot aantal meetpunten en situatie (windrichtingen, hoogte omliggende bebouwing, dak open/gesloten). Is door RHDHV een visuele interpretatie gemaakt in de vorm van zogenaamde 'contourplots'. Deze zijn opgenomen in bijlage A bij deze notitie. De contourplots representeren een omhullende voor alle mogelijk belastingssituaties, per meetpunt. Dit omvat ook de situaties voor 'geopend' en 'gesloten dak' (ook voor de situatie met gesloten dak zijn de waarden voor het bewegend deel van het dak weergegeven op de positie van het dak in gesloten toestand). De gegeven waarden zijn in kPa (kN/m²) en betreffen effectieve resulterende winddrukken (dus inclusief inwendige druk). In de windroos op de contourplots zijn de windrichtingen aangegeven die maatgevende drukken op één van de meetpunten opleveren. Dynamische effecten (vergroting) is verdisconteerd in de door RWDI bepaalde drukwaarden.

In vergelijking met de hiervoor vermelde normwaarden valt op dat voor neerwaarts gerichte windbelasting lokaal hogere waarden worden gevonden (tot 0,60 kPa), en voor opwaartse gerichte windbelasting lokaal vergelijkbare maximale waarden (-1,40 kPa). De gebieden waar deze drukken zich manifesteren zijn echter aanzienlijk kleiner in oppervlak dan de normgebieden en bevinden zich ook op andere locaties (zo werd de hoogste opwaartse druk niet gemeten in gebied B volgens [1] art. 7.2.8.

Omdat gebieden met relatief hoge drukken relatief klein van omvang zijn, zijn deze (conservatief) genomen als uitgangspunt voor de bepaling van de winddruk op de primaire dak-componenten (spanten), waarbij spanntype T3 maatgevend is gesteld. Dat wil zeggen: de contourplots zijn gebruikt om een maatgevende belastingen af te leiden voor spanten T3, en vervolgens zijn deze belastingen toegepast als algemeen geldend voor het dak – dus ook voor spanten T2 en T1. Omdat deze spanten (veel) grotere oppervlakten dragen met lagere gemiddelde drukken, vormt dit dus een conservatief uitgangspunt.

De afleiding van de resulterende windbelasting voor de maatgevende spanten T3A-2 en T3A-5 is opgenomen in bijlage B. Op basis daarvan is het volgende aangehouden voor de ontwerpberekeningen van de hoofdspanen (T1, T2, T3);

Zone:	Neerwaarts (druk & onderdruk)		Opwaarts (zuiging & overdruk)	
	$p(C_{p,10}) + p(C_{pi})$ (kN/m ²)	$p_{w,rep}$ (kN/m ²)	$p(C_{p,10}) + p(C_{pi})$ (kN/m ²)	$p_{w,rep}$ (kN/m ²)
A	0,20 + 0,30	+0,50	-0,72 + -0,20	-0,92

De aangehouden winddruk is dus hoger dan zou volgen uit [1], de aangehouden windzuiging is lager dan zou volgen uit [1], zo'n 17% lager dan het gemiddelde van gebieden A-B-C.

Impact op het ontwerp van de constructie

Het ontwerp van de dakconstructie wordt gedomineerd door neerwaarts gerichte belasting. Conform uitgangspuntenrapport I&B BF3499_R021 geldt het volgende voor de permanente belastingen:

Permanente belasting:

- eigen gewicht: $0,80 \text{ kN/m}^2$
- secundair staal: $0,25 \text{ kN/m}^2$
- architectonische afwerking: $0,15 \text{ kN/m}^2$

Semi-permanente belasting:

- PV-cellen $0,11 \text{ kN/m}^2$
- vaste audio-visuele installatie: $0,03 \text{ kN/m}^2$

Maximale waarde van de permanente belasting: $p_{G;\max} = 1,29 \text{ kN/m}^2$

Minimale waarde van de permanente belasting: $p_{G;\min} = 1,15 \text{ kN/m}^2$

Globale rekenwaarden voor de maatgevende belasting:

- neerwaarts (sneeuw maatgevend): $p_d = 1,32 \cdot 1,34 + 1,65 \cdot 0,56 = 2,70 \text{ kN/m}^2$
- opwaarts (wind maatgevend): $p_d = 0,90 \cdot 1,20 - 1,65 \cdot 0,92 = -0,44 \text{ kN/m}^2$

De resulterende opwaartse belasting bedraagt dus slechts ca. 16% van de neerwaartse belasting en is daarmee, gegeven de aard van de constructie, niet of beperkt maatgevend voor de dimensionering, met uitzondering van situaties waarbij er een groot verschil in kniklengte is bij omkering van de belasting: dit geldt in beperkte mate voor de spanten van het type T3, maar is ook voor deze spanten niet maatgevend. Dat wil zeggen: niet bepalend voor de dimensionering van de randstaven van de vakwerken, maar wel voor de zijdelingse steunen (kipsteunen) voor de onderregels.

Windbelasting op gevel- en dakelementen

Voor de bepaling van winddrukken op kleinere constructie-componenten (bouwkundige dak en gevelelementen) dient gebruik gemaakt te worden van de waarden gegeven in [5]. Deze belastingen zijn globaal in lijn met NEN-EN 1991-1-4/+NB en zijn tot maximaal 20% lager.

Opmerkingen

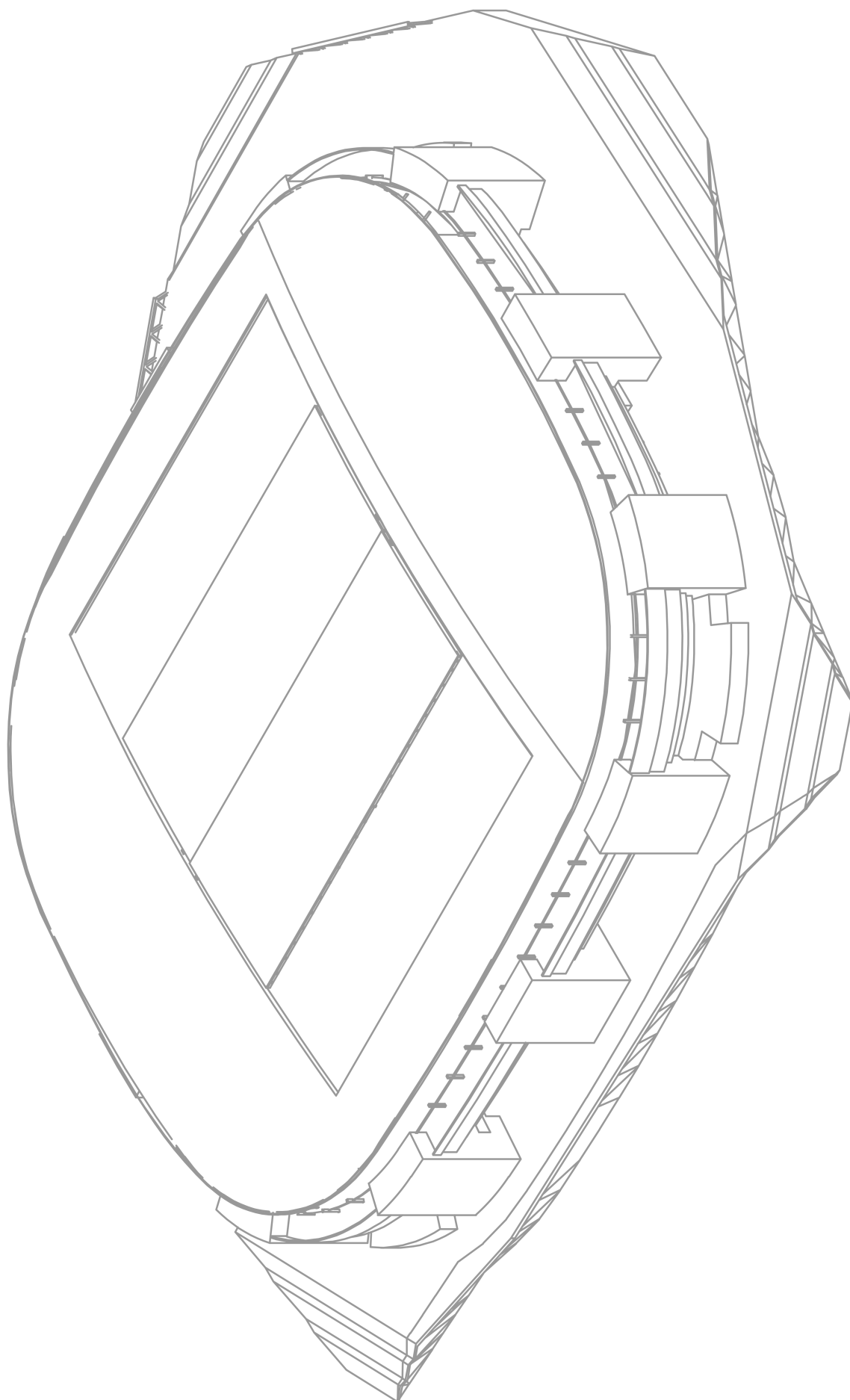
Na afronding van het windtunnelonderzoek is de vorm van het dak licht gewijzigd: de 'bolling' van het dak is met 3 m toegenomen (van 7.0 m naar 10.0 m). De randhoek (Figuur 3) is daarmee toegenomen van $9,5^\circ$ naar $11,0^\circ$, en de verhouding f/d van 0,035 naar 0,053.

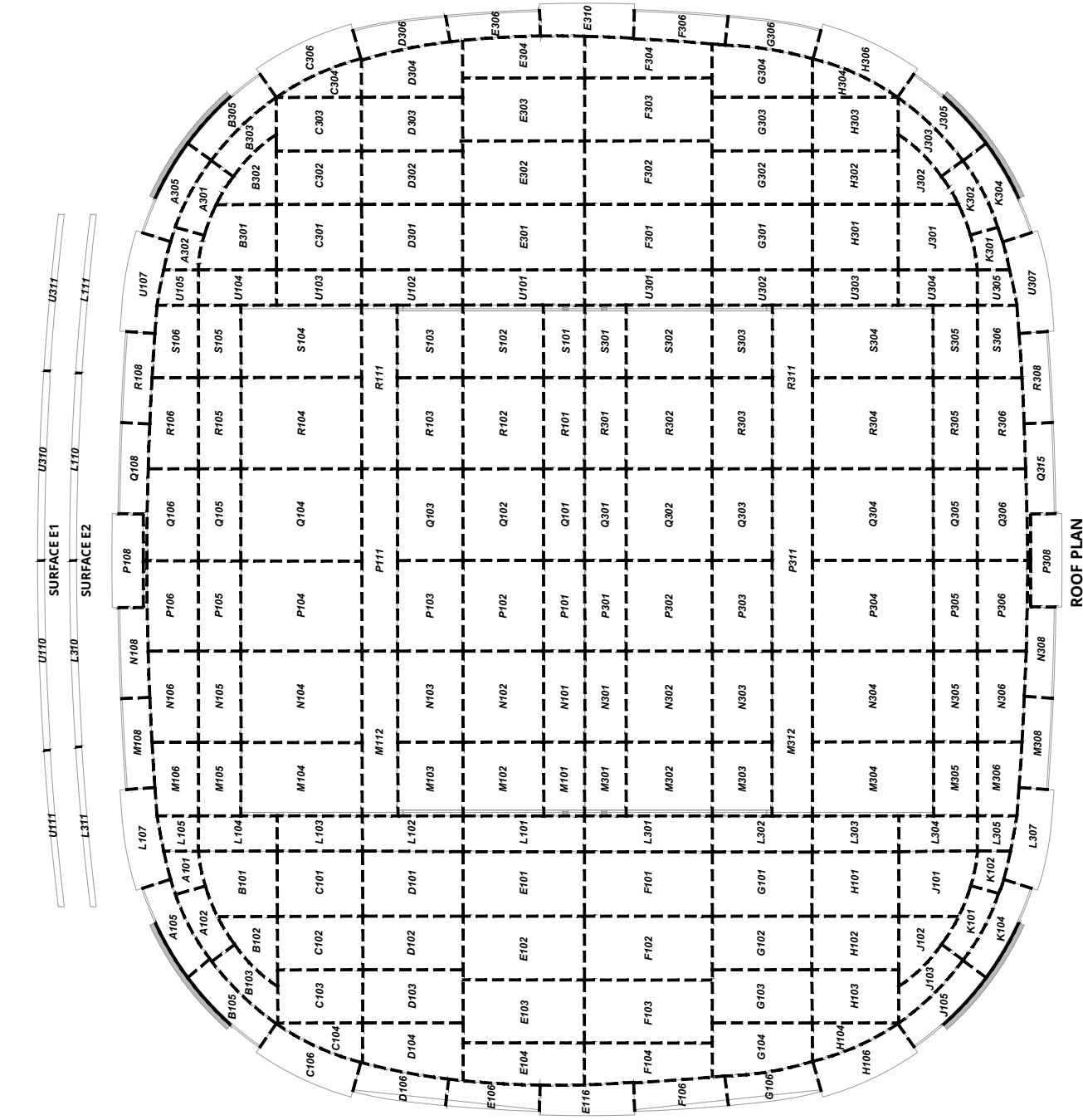
Daarnaast betekent een toename van de hoogte van 3 m ook een toename van de waarde van $q_p(Z_e)$: van 1,41 kPa naar 1,43 kPa. Deze (beperkte) verhoging is in deze beschouwing verwekt door alle waarden van het windtunnelonderzoek procentueel te verhogen.

De toename van de verhouding f/d heeft conform Figuur 4 enkel een beperkte impact op gebied B, waarvoor in het windtunnelonderzoek geen maatgevende drukken zijn vastgesteld.

BIJLAGE A

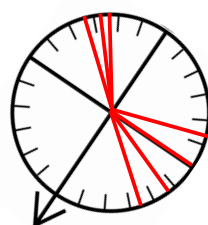
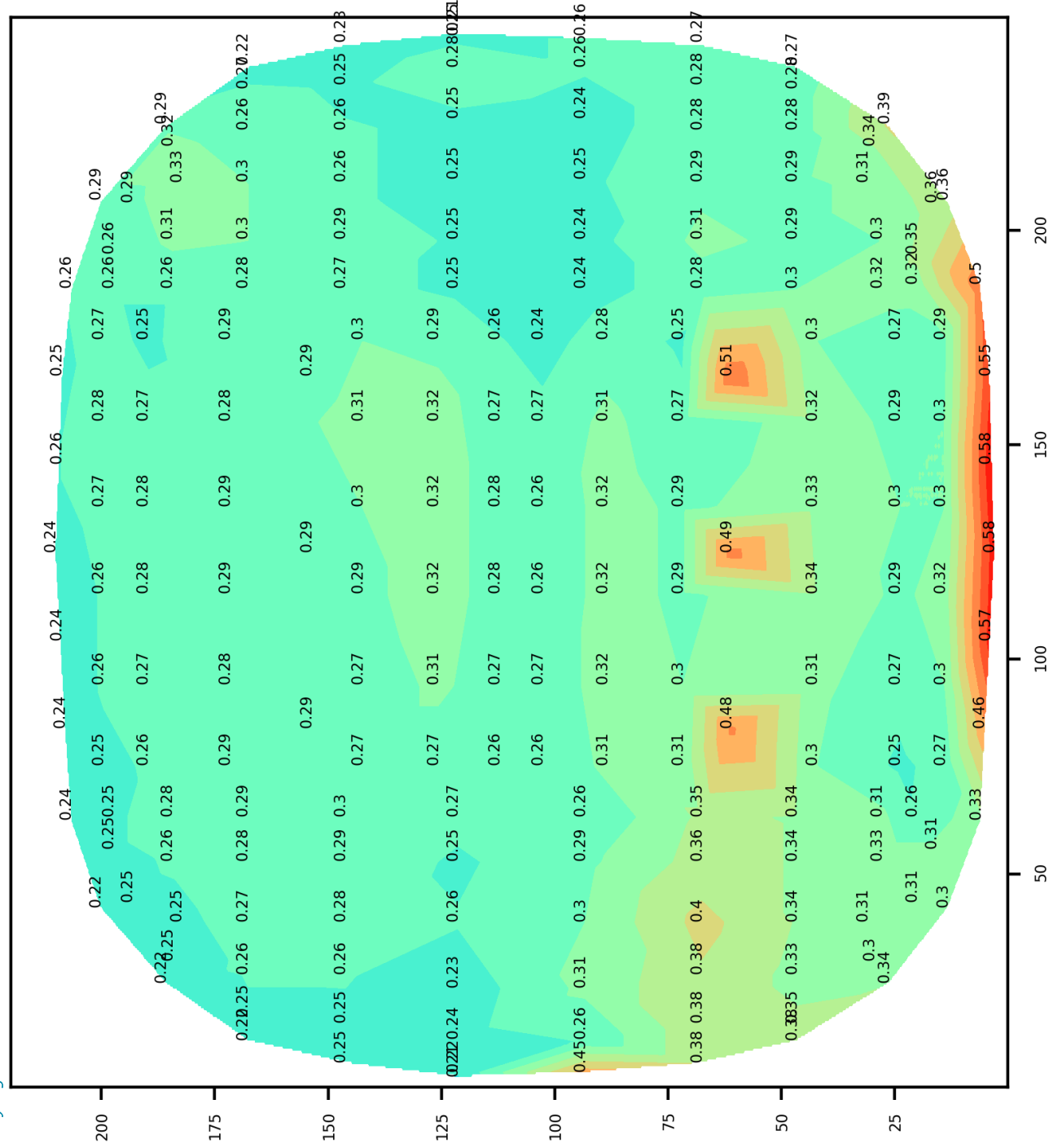
CONTOURPLOTS WINDDRUKKEN DAK





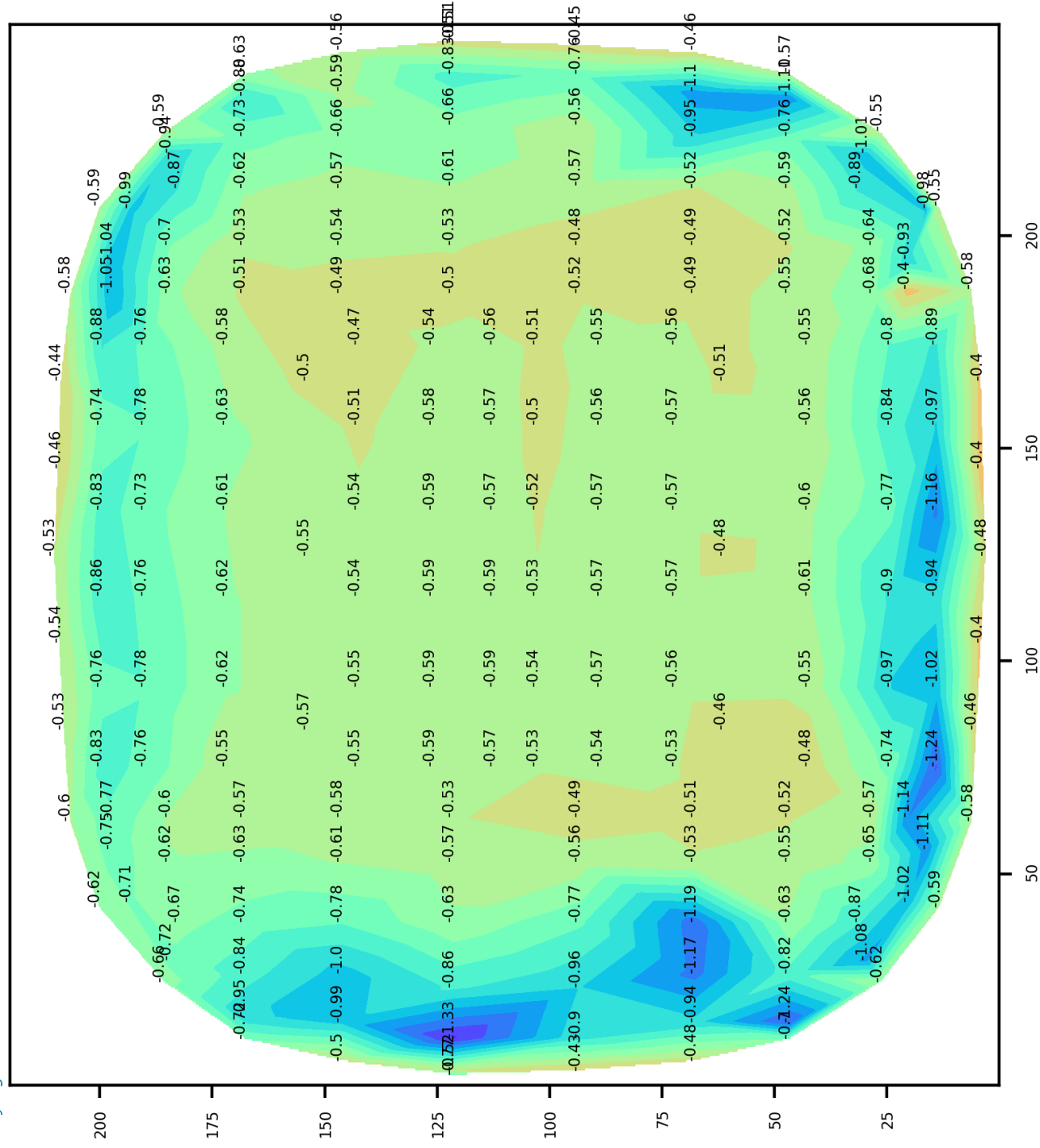
NEERWAARTS

Overall maximum



OPWAARTS

Overall minimum



BIJLAGE B

BEPALING MAATGEVENDE BELASTING OP SPANTEN T3



**Royal
HaskoningDHV**
Enhancing Society Together

Project: Feyenoord New Stadium

Project/doc. no: BF3499IBNT2004201445

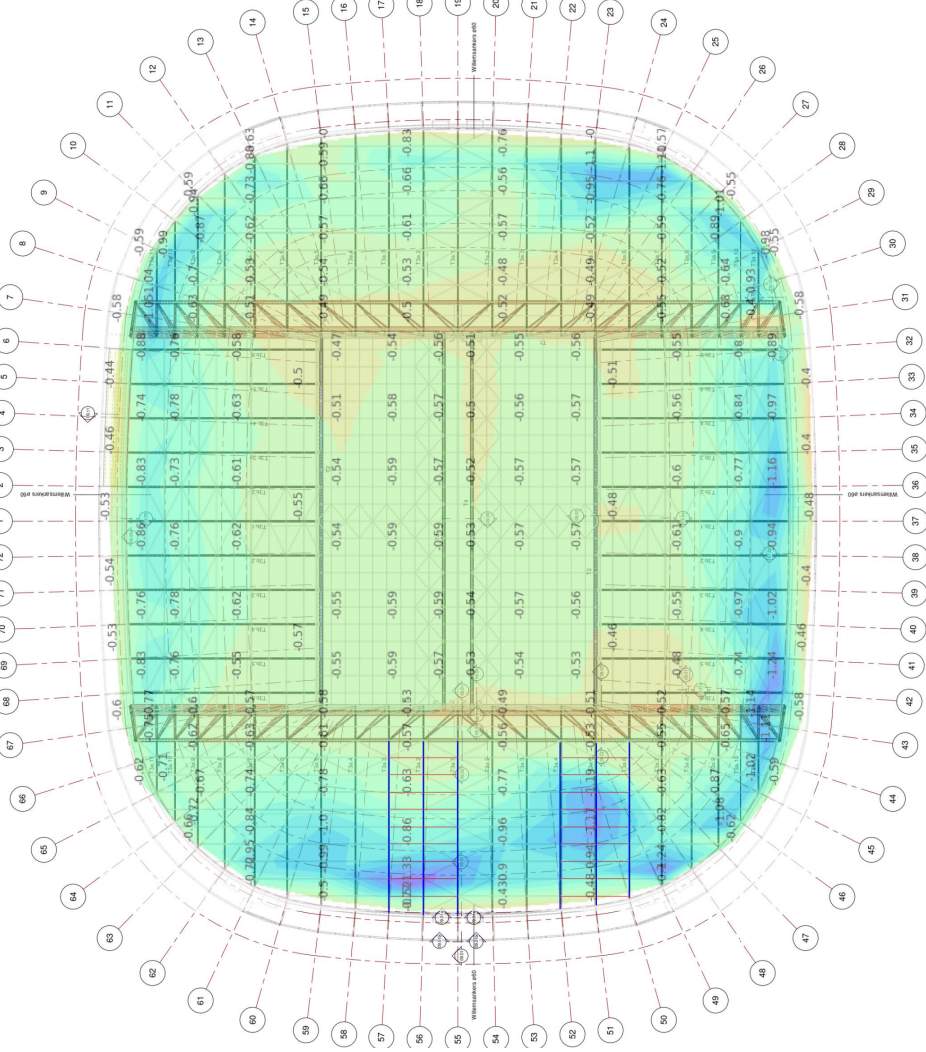
Prepared by: HKR

Subject: Windtunnel test interpretation

Date: 20-04-20

Version: P01

Page: 1



Samenvatting

Equivalente belasting voor T3A-5:

$P_{eq,\uparrow} = -0,91 \text{ kN/m}^2$ (opw.)
 $P_{eq,\downarrow} = 0,50 \text{ kN/m}^2$ (neerw.)
(volgend uit windtunnelonderzoek)

Correctie voor gebouwhoogte +3 m t.o.v. DO

Stuwdruk DO: $p_{w,rep,1} = 1,41 \text{ kN/m}^2$
Stuwdruk DO+: $p_{w,rep,2} = 1,43 \text{ kN/m}^2$
Opwaarts: $P_{eq,corr;\uparrow} = -0,92 \text{ kN/m}^2$
Neerwaarts: $P_{eq,corr;\downarrow} = 0,51 \text{ kN/m}^2$

Opwaartse windbelasting DO+ (Windtunnelonderzoek)

Splitting naar externe zuiging en interne overdruk:

Zuiging: $P_{eq,zuiging;\uparrow} = -0,72 \text{ kN/m}^2$
Overdruk: $P_{eq,overdruk;\uparrow} = -0,20 \text{ kN/m}^2$

Neerwaartse windbelasting DO+ (Windtunnelonderzoek)

Externe druk en interne overdruk:

Druk: $P_{eq,zuiging;\downarrow} = 0,20 \text{ kN/m}^2$
Onderdruk: $P_{eq,overdruk;\downarrow} = 0,30 \text{ kN/m}^2$

	Project:	Feyenoord New Stadium	Date:	20-04-20
	Project/doc. no:	BF3499IBNT2004201445	Version:	P01
	Prepared by:	HKr	Page:	2
	Subject	Windtunnel test interpretation		

SPANT T3A-2

dX	X	L-X	T3A-1	T3A-2	T3A-3	Pmean	F	RA =	V	M
0,0	0,0	51,8	-0,482	-0,525	-0,525	-0,514	-13,18	0	220,9	0
5,0	5,0	46,8	-0,788	-0,919	-0,919	-0,886	-36,34	-181,7	184,6	1104,6
3,0	8,0	43,8	-1,138	-1,270	-1,223	-1,225	-32,65	-442,9	151,9	1658,4
2,2	10,2	41,6	-1,138	-1,270	-1,182	-1,215	-46,08	-912,9	105,9	1992,7
5,2	15,4	36,4	-1,060	-1,050	-0,965	-1,031	-54,97	-1759,4	50,9	2543,2
5,2	20,6	31,2	-0,900	-0,859	-0,890	-0,877	-46,74	-2722,3	4,2	2807,8
5,2	25,8	26,0	-0,811	-0,775	-0,811	-0,793	-42,27	-3812,8	-38,1	2829,4
5,2	31,0	20,8	-0,739	-0,700	-0,724	-0,716	-38,15	-4995,4	-76,3	2631,2
5,2	36,2	15,6	-0,665	-0,634	-0,676	-0,652	-34,76	-6253,9	-111,0	2234,6
5,2	41,4	10,4	-0,605	-0,600	-0,641	-0,612	-32,59	-7603,3	-143,6	1657,3
5,2	46,6	5,2	-0,577	-0,587	-0,610	-0,590	-31,46	-9069,3	-175,1	910,4
5,2	51,8	0,0	-0,548	-0,554	-0,574	-0,558	-14,86	-9838,9	-189,9	0,0
							-424,05			

$$Q_{eq} = -8,19$$

$$P_{eq} = -0,80$$

$$Q_{eq} = -8,44$$

$$P_{eq} = -0,82$$

SPANT T3A-5

dX	X	L-X	T3A-4	T3A-5	T3A-6	Pmean	F	RA =	V	M
0,0	0,0	49,5	-0,613	-0,613	-0,700	-0,689	-27,76	0	223,7	0
2,7	2,7	46,8	-0,656	-0,700	-0,700	-0,878	-46,57	195,9	195,9	603,9
5,2	7,9	41,6	-0,887	-0,875	-0,875	-0,985	-52,24	149,3	149,3	1622,6
5,2	13,1	0,0	-0,963	-1,007	-0,963	-1,081	-57,35	97,1	97,1	2399,2
5,2	18,3	-5,2	-1,082	-1,140	-0,963	-1,095	-58,07	39,7	39,7	2904,0
5,2	23,5	-10,4	-1,032	-1,170	-1,007	-1,095	-58,07	-18,3	-18,3	3110,7
5,2	28,7	0,0	-1,032	-1,190	-0,963	-1,094	-58,01	-76,3	-76,3	3015,4
5,2	33,9	-5,2	-1,007	-1,094	-0,832	-1,007	-53,40	-129,7	-129,7	2618,5
5,2	39,1	-10,4	-0,832	-0,832	-0,613	-0,777	-41,23	-171,0	-171,0	1943,9
5,2	44,3	0,0	-0,613	-0,613	-0,567	-0,602	-31,90	-10041,7	-202,9	1054,9
5,2	49,5	-5,2	-0,557	-0,530	-0,520	-0,534	-14,17	-10743,0	-217,0	0,0
							-440,70			

$$Q_{eq} = -8,90$$

$$P_{eq} = -0,87$$

$$P_{eqcorr} = M_{maxT3A-5} * 8 / (B * (L - T_{3A-2})^2)$$

Correctie voor de kortere liggerlengte

$$Q_{eq} = -10,16$$

$$P_{eq} = -1,00$$

$$P_{eqcorr} = -0,91$$

